



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO  
AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO  
AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO GO-  
KART INCLUSIVO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD  
(PARAPLEJIA)**

**AUTORES:**

**CERPA FLORES JONATHAN ARTURO**

**MARTINEZ GUERRA ISAAC DAVID**

**DIRECTOR: DR. FERNANDO RENATO RAMÍREZ PAREDES**

**Ibarra, 2022**

**CERTIFICADO**  
**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

**CERTIFICO:**

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "Diseño y construcción de un vehículo tipo go-kart inclusivo para personas con discapacidad (parapleja)" presentado por los señores: **CERPA FLORES JONATHAN ARTURO** con número de cédula **1004085534** y **MARTÍNEZ GUERRA ISAAC DAVID** con número de cédula **1726117102**, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de mayo del 2022.

Atentamente



Ing. Fernando Ramirez PhD  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	100408553-4
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Cerpa Flores Jonathan Arturo
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cotacachi, calle Salinas Y 10 de Agosto
<b>EMAIL:</b>	jacerpaf@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0985153784

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	172611710-2
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Martínez Guerra Isaac David
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cayambe, Calle Independencia y Terán
<b>EMAIL:</b>	idmartinezg@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0979136241

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	<b>TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO GO-KART INCLUSIVO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD (PARAPLEJIA)</b>
<b>AUTORES:</b>	Cerpa Flores Jonathan Arturo Martínez Guerra Isaac David
<b>FECHA</b>	30/05/2022
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>	
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	Ing. Fernando Ramírez PhD

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de mayo del 2022

### AUTORES:

  
 Cerpa Flores Jonathan Arturo  
 100408553-4

  
 Martínez Guerra Isaac David  
 172611710-2

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo de titulación es dedicado con todo mi corazón a mis padres y hermano por su sacrificio y esfuerzo para así poder alcanzar mi objetivo. Estando presentes en cada momento de mi vida y brindándome su cariño, comprensión y mucho amor. El apoyo y la ayuda que me han entregado en el transcurso de mi vida han sido muy importante para seguir adelante incluso en los momentos más difíciles, pero cada situación me ayudó a ser mejor persona y lograr cumplir mi meta de ser Ingeniero.

Para ellos que son el pilar fundamental de mi vida.

**CERPA FLORES JONATHAN ARTURO**

El presente trabajo de titulación es dedicado a Dios y a la Virgen, así como a mis padres y hermanas que, con el cariño, la confianza y el apoyo me dieron la fuerza por seguir adelante, por estar presentes en todo momento y por educarme con valores los cuales me han servido para alcanzar muchos objetivos planteados a lo largo de mi vida, así como el de lograr una de las metas más importantes para mí que es llegar a crecer en el ámbito profesional y lograr ser ingeniero.

**MARTINEZ GUERRA ISAAC DAVID**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a la Virgen Dolorosa por bendecirme, cuidarme y guiarme a lo largo de mi vida, brindándome sabiduría y persistencia para culminar con éxitos mis objetivos propuestos.

A mis padres, Arturo Cerpa y Dora Flores por ser el motor de mis sueños y esperanzas, brindándome su amor y respaldo sin importar los obstáculos que se presenten. Les agradezco por enseñarme que la mejor herencia que nos pueden dejar son los estudios y por creer en mí, la gratitud que les tengo es infinita porque con sus esfuerzos me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y ser una persona de bien para la sociedad.

A mi hermano, el Doctor Jefferson Cerpa por llenarme de alegría con sus ocurrencias y locuras, gracias por estar presente en todo momento de mi vida apoyándome, aconsejándome y dándome ánimos para cumplir siempre mis objetivos.

A mi abuelita Rosita Sánchez y mi tía Patricia Cerpa que me vieron crecer y me llenaron de mucho amor, a mi demás familia y amigos que estuvieron presente dentro y fuera de las aulas, por las experiencias y aventuras, se convirtieron en mis amigos de vida y pronto colegas.

Mi eterna gratitud a la Universidad Técnica del Norte templo del saber por alimentar mis conocimientos y por permitirme culminar con una etapa de mi vida, gracias por abrirme sus puertas y formar parte de esta gran familia universitaria.

De la misma manera quiero hacer extensivo el agradecimiento más atento y profundo a todo el personal docente, administrativo y de servicio de la prestigiosa carrera de Ingeniería Automotriz y de manera especial a mi tutor de tesis el Dr. Fernando Ramírez, quien con sus bastos conocimientos, experiencia, profesionalismo y calidad de persona guió paso a paso el desarrollo de nuestro trabajo de grado de forma incondicional y desinteresada para hacer realidad nuestro objetivo.

De igual forma agradezco a mis asesores de tesis: Ing. Rommel Imbaquingo MSc e Ing. Jorge Melo MSc por sus recomendaciones, sugerencias y consejos para el buen adelanto de nuestro proyecto y así cumplir con nuestros sueños anhelados.

Mi respeto y eterna admiración para todos ustedes.

**CERPA FLORES JONATHAN ARTURO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quisiera agradecer a Dios y a la Virgen, por guiarme a lo largo de mi vida permitiéndome culminar un objetivo muy especial para mi persona, dándome salud, vida y bendiciones en todos mis objetivos planteados desde mi infancia logrando cumplir la mayoría de estos.

A mis queridos padres, Manuel Martínez y Nancy Guerra que han sido un pilar fundamental en toda mi vida, apoyándome en todo lo que ellos han podido. Les agradezco por ser mis guías inculcándome de valores los cuales son fundamentales para lograr alcanzar lo que uno se propone con mucha dedicación, humildad, y respeto.

A mis hermanas, Estefanie Martínez y Heidy Martínez que con el apoyo, cariño, confianza y comprensión me dieron las fuerzas suficientes para culminar una etapa muy importante de mi vida como es la obtención del título de ingeniero.

A mi demás familia, amigos y compañeros, que de igual manera han sido una parte muy importante a lo largo del trayecto universitario, aportándome de conocimientos y valores para aplicarlos dentro y fuera de la Universidad.

Agradecido con la Universidad Técnica del Norte, por abrirme las puertas permitiéndome alcanzar el objetivo de ser ingeniero y ayudarme a fomentar mis conocimientos y valores ayudándome a crecer en el ámbito profesional y personal.

Del mismo modo agradecer, a todos los docentes que desde inicio a fin han estado aportándome de sus conocimientos y brindado ayuda siempre que yo lo requiera, fomentando mis conocimientos para la vida profesional y personal. De manera muy especial a mi tutor de Tesis, Dr. Fernando Ramírez, quien con su calidad de docente nos inculco conocimientos y valores para lograr culminar el trabajo de tesis de una manera impecable, así como también quisiera agradecer a mis asesores, Ing. Rommel Imbaquingo e Ing. Jorge Melo, los cuales con sus consejos y conocimientos han contribuido de principio a fin en el trabajo de tesis siendo muy importantes para la misma.

**MARTINEZ GUERRA ISAAC DAVID**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN: .....</b>	<b>xvii</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	1
1.3 JUSTIFICACION .....	1
1.4 ALCANCE .....	2
1.5 ANTECEDENTES .....	3
1.6 DIFICULTADES DE LA CONDUCCIÓN .....	7
1.7 BIOMECÁNICA Y PATRONES FUNCIONALES DE LA MANO .....	10
1.8 FUERZA DE FRENADO .....	12
1.8.1 BOMBA DE FRENO .....	13
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>15</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS:.....</b>	<b>15</b>
2.1 MATERIALES .....	15
2.2 DATOS Y ESPECIFICACIONES DEL MOTOR .....	16
2.3 DISEÑO MECÁNICO .....	17
2.4 COMPONENTES DEL GO-KART .....	17
2.4.1 CHASIS .....	17
2.4.2 ASIENTO .....	18
2.5 SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	19
2.5.1 VOLANTE.....	19
2.5.2 COLUMNA DE DIRECCIÓN.....	20
2.5.3 VARILLAS DE DIRECCIÓN .....	21
2.5.4 MANGUETAS .....	21
2.6 NEUMÁTICOS Y AROS .....	22
2.7 SISTEMA DE TRACCIÓN .....	23
2.7.1 EJE DE TRANSMISIÓN .....	23
2.7.2 RODAMIENTOS DE APOYO DEL EJE .....	24
2.7.3 ESTRELLA O CATALINA .....	24
2.7.4 PIÑÓN DE TRANSMISIÓN.....	25
2.7.5 CADENA DE TRANSMISIÓN.....	26



2.7.6	EMBRAGUE.....	26
2.7.7	MOTOR.....	27
2.8	SISTEMA DE FRENADO .....	28
2.8.1	DISCO DE FRENO.....	28
2.8.2	MORDAZA O CALIPER .....	29
2.8.3	PASTILLA DE FRENO .....	30
2.9	PROGRAMAS DE SOPORTE .....	31
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>34</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
3.1	CONDICIONES DEL DISEÑO .....	35
3.1.1	DISEÑO 1.....	35
3.1.2	DISEÑO 2.....	35
3.1.3	DISEÑO 3.....	36
3.2	CARGAS APLICADAS EN LA SIMULACIÓN .....	37
3.2.1	CARGA MUERTA (M).....	37
3.2.2	CARGA VIVA (V) .....	38
3.2.3	CARGA DE GIRO (G).....	38
3.2.4	CARGA DE ACELERACIÓN BRUSCA (AB): .....	40
3.2.5	CARGA DE FRENADO (F) .....	40
3.2.6	CARGA POR RESISTENCIA DEL AIRE FRONTAL (RAF).....	40
3.3	CÁLCULOS .....	41
3.3.1	Carga Muerta: .....	41
3.3.2	Carga viva: .....	41
3.3.3	Carga de Giro: .....	41
3.3.4	Carga de aceleración brusca: .....	42
3.3.5	Carga de frenado: .....	42
3.3.6	Carga por resistencia del aire frontal:.....	42
3.4	PROCESO DE SIMULACIÓN .....	43
3.4.1	GEOMETRÍA.....	43
3.4.2	MODELADOS DEL GO-KART EN SOLIDWORKS .....	44
3.4.3	MATERIALES PARA LA SIMULACIÓN.....	44
3.4.4	CONEXIONES.....	45
3.4.5	MALLADO.....	46
3.4.6	ANÁLISIS DE CARGAS .....	49
3.4.7	CONDICIONES DE BORDE.....	50

3.4.8	SIMULACIÓN .....	51
3.5	ANÁLISIS DE TENSIONES .....	55
3.6	ANÁLISIS DE DEFORMACIONES .....	57
3.7	ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD .....	59
3.8	SIMULACIONES DE TENSIÓN MÁXIMA.....	61
3.9	SIMULACIONES DE DEFORMACIÓN MÁXIMA.....	62
3.10	SIMULACIONES DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO .....	63
3.11	EXPLICACIÓN DE COMPARACIÓN .....	65
3.12	VENTAJA DEL MODELO 3 .....	66
3.12.1	SIMULACIÓN DE LOS SISTEMAS:.....	66
3.13	CÁLCULO DEL SISTEMA DE FRENOS .....	70
3.13.1	TORQUE DE FRENADO REQUERIDO .....	70
3.13.2	PRESIÓN MÁXIMA DE FRENADO .....	70
3.13.3	FUERZA DE FRENADO .....	71
3.13.4	TORSIÓN DE FRICCIÓN .....	71
3.13.5	ÁREA DEL CILINDRO .....	72
3.13.6	PRESIÓN HIDRÁULICA DE LOS CILINDROS .....	72
3.13.7	Distancia de frenado .....	72
3.13.8	tiempo de frenado.....	73
3.13.9	distancia recorrida .....	73
3.14	CÁLCULO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN .....	74
3.14.1	PAR TORSOR QUE SE APLICA EN EL VOLANTE (FUERZA DEL PILOTO).....	74
3.14.2	ESFUERZO DE TORSIÓN EN LA BARRA DE DIRECCIÓN .....	75
3.14.3	FACTOR DE SEGURIDAD .....	75
3.14.4	RESISTENCIA A LA PENDIENTE .....	76
3.15	SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	77
3.15.1	FRECUENCIA ANGULAR.....	78
3.15.2	CÁLCULO DEL SISTEMA DE ASIENTO GIRATORIO .....	79
3.16	TABLA DE COSTOS .....	80
3.17	PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.....	81
3.18	COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	91
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>93</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	93

4.2 RECOMENDACIONES.....	94
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Causas principales que ocasionan el túnel carpiano.....	8
<b>Tabla 2</b> Causas principales que ocasionan la artritis .....	9
<b>Tabla 3</b> Propiedades de los vehículos para personas con discapacidad.....	10
<b>Tabla 4</b> Coeficientes de fricción en diferentes superficies .....	13
<b>Tabla 5</b> Propiedades del ASTM A36.....	16
<b>Tabla 6</b> Especificaciones del motor.....	16
<b>Tabla 7</b> Tipos de neumáticos .....	22
<b>Tabla 8</b> Software de diseño y simulación .....	31
<b>Tabla 9</b> Valores de la carga de giro .....	39
<b>Tabla 11</b> Procesos de simulación.....	49
<b>Tabla 12</b> Datos de cargas.....	51
<b>Tabla 13</b> Cargas para la simulación.....	52
<b>Tabla 14</b> Simulación modelo 1 .....	52
<b>Tabla 15</b> Simulación modelo 2 .....	53
<b>Tabla 16</b> Simulación modelo 3 .....	53
<b>Tabla 17</b> Resultados de referencia.....	54
<b>Tabla 18</b> Resultados publicados en la literatura especializada.....	55
<b>Tabla 19</b> Simulaciones de sistemas .....	69
<b>Tabla 20</b> Resistencia a la pendiente.....	76
<b>Tabla 21</b> Tabla de costos .....	80
<b>Tabla 22</b> Componentes del go-kart.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Personas con discapacidad por provincia .....	6
<b>Figura 2</b> Principales discapacidades .....	6
<b>Figura 3</b> Agarre de la mano .....	11
<b>Figura 4</b> Fuerza en flexión de dedos .....	12
<b>Figura 5</b> Freno en reposo .....	14
<b>Figura 6</b> Activación del freno .....	14
<b>Figura 7</b> Chasis del go-kart.....	18
<b>Figura 8</b> Asiento de go-kart.....	19
<b>Figura 9</b> Volante de go-kart.....	20
<b>Figura 10</b> Columna de dirección .....	20
<b>Figura 11</b> Varillas de dirección .....	21
<b>Figura 12</b> Mangueta BST .....	22
<b>Figura 13</b> Eje posterior o de tracción .....	24
<b>Figura 14</b> Rodamientos del apoyo del eje .....	24
<b>Figura 15</b> Corona de aluminio paso 219 KF 60 .....	25
<b>Figura 16</b> Piñón de transmisión manual .....	25
<b>Figura 17</b> Cadena de transmisión del go-kart.....	26
<b>Figura 18</b> Embrague centrífugo seco con $\frac{3}{4}$ y 12 dientes.....	27
<b>Figura 19</b> Motor estacionario 196 cc.....	28
<b>Figura 20</b> Disco de freno autoventilado 180x13 .....	29
<b>Figura 21</b> Caliper de freno posterior IPK .....	30
<b>Figura 22</b> Pastillas de freno Ferodo Racing .....	31
<b>Figura 23</b> Chasis go-kart modelo 1 .....	35
<b>Figura 24</b> Chasis Go-kart modelo 2 .....	36
<b>Figura 25</b> Chasis Go-kart modelo 3 .....	36
<b>Figura 26</b> Proceso de simulación.....	43
<b>Figura 27</b> Diseños de la estructura del go-kart.....	44
<b>Figura 28</b> Geometrías importadas en ANSYS .....	44
<b>Figura 29</b> Asignación de Acero estructural ASTM A36.....	45
<b>Figura 30</b> Verificación de la estructura importada .....	46
<b>Figura 31</b> Aplicación de la malla.....	46
<b>Figura 32</b> Aplicación de la malla tetraédrica de 6mm.....	47

<b>Figura 33</b> Calidad del mallado entre 0.38 y 0.50 .....	47
<b>Figura 34</b> Calidad del mallado para la simulación .....	48
<b>Figura 35</b> Calidad del mallado de 0.25.....	48
<b>Figura 36</b> Análisis por control de rangos .....	49
<b>Figura 37</b> Simulación de cargas .....	50
<b>Figura 38</b> Pruebas de simulación.....	50
<b>Figura 39</b> Fuerzas aplicadas en el diseño .....	51
<b>Figura 40</b> Resultados de tensiones obtenidas de simulaciones numéricas aplicando el método LRFD .....	57
<b>Figura 41</b> Resultados de deformaciones obtenidas de simulaciones numéricas aplicando el método LRFD .....	58
<b>Figura 42</b> Resultados de factores de seguridad obtenidas de simulaciones numéricas aplicando el método LRFD.....	60
<b>Figura 43</b> Comparación de tensiones máximas (puntos: simulaciones, líneas: información publicada).....	62
<b>Figura 44</b> Comparación de deformaciones máximas (puntos: simulaciones, líneas: información publicada).....	63
<b>Figura 45</b> Comparación de factor de seguridad (puntos: simulaciones, líneas: información publicada).....	65
<b>Figura 46</b> Simulación Base Asiento .....	67
<b>Figura 47</b> Simulación Palanca de aceleración y Freno.....	67
<b>Figura 48</b> Simulación Eje posterior, Fuerza 1 .....	68
<b>Figura 49</b> Simulación Eje Posterior, Fuerza 2.....	68
<b>Figura 50</b> Simulación Mangueta .....	69
<b>Figura 51</b> Diagrama del rodamiento cónico .....	79
<b>Figura 52</b> Dimensiones de los rodamientos.....	80
<b>Figura 53</b> Vista superior de los planos .....	82
<b>Figura 54</b> Vista lateral del plano .....	83
<b>Figura 55</b> Dobladora hidráulica.....	84
<b>Figura 56</b> Dobleces de tubos .....	84
<b>Figura 57</b> Soldadura de la estructura .....	85
<b>Figura 58</b> Ensamblaje de las bases .....	85
<b>Figura 59</b> Distribución de los componentes .....	86
<b>Figura 60</b> Montaje de plásticos de protección.....	86

<b>Figura 61</b> Limpieza de la estructura del go-kart.....	87
<b>Figura 62</b> Pintura de fondo al chasis .....	87
<b>Figura 63</b> Proceso de pintura con poliuretano .....	88
<b>Figura 64</b> Ensamblaje del go-kart.....	88
<b>Figura 65</b> Instalación de los sistemas .....	89
<b>Figura 66</b> Go-kart armado en su totalidad.....	89
<b>Figura 67</b> Despiece del go-kart .....	90
<b>Figura 68</b> Prueba de aceleración.....	91
<b>Figura 69</b> Prueba de frenado.....	92
<b>Figura 70</b> Prueba de desmontaje.....	92

## RESUMEN

Las personas que han sufrido lesiones en la columna vertebral se encuentran muchas veces en las etapas más productivas de sus vidas. Esto sugiere que el kartismo y actividades relacionadas podrían representar opciones de integración para estos individuos. Sin embargo, existen limitaciones relativas al diseño mecánico de los go-karts convencionales que dificultan el acceso de estas personas a este tipo de vehículos. El presente trabajo aborda este problema.

Este trabajo tiene como objetivo principal el diseño, simulación y construcción de un vehículo tipo go-kart con enfoque inclusivo hacia las personas que presenten paraplejía. De este modo se cumple la reglamentación establecida por estándares internacionales como es la CIK-FIA (Comisión Internacional del karting – Federación Internacional de Automovilismo). El diseño de la estructura fue realizado mediante la utilización de programas CAD como: SolidWorks y Ansys. Mediante estas aplicaciones se establecieron las diferentes cargas a las que estará sometida la estructura y sistemas auxiliares del vehículo. Así, se confirmó el cumplimiento de las normativas establecidas por los organismos reguladores; además de que el diseño desarrollado brinda ergonomía y seguridad al ocupante.

Dentro de este documento se muestra una recopilación teórico-práctica que sirve de soporte para un diseño y construcción óptimos del go-kart.

Es importante mencionar que esta investigación, de carácter aplicativo y documental, permitió identificar las modificaciones necesarias en el diseño del vehículo, cubriendo así las necesidades de las personas con discapacidad en miembros inferiores.

Finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento en donde se evidenció que el prototipo construido no presenta desperfectos al momento de ponerse en marcha, garantizando la comodidad y la seguridad del conductor.

**Palabra clave:** Paraplejía, Go-kart, Sistemas Auxiliares, Normativas, Programas CAD, kartismo.



## **ABSTRACT**

People who have suffered spinal cord injuries are often in the most productive stages of their lives. These data suggest that karting and related activities could represent integration options for these individuals. However, there are limitations related to the mechanical design of conventional go-karts that make it difficult for these people to access this type of vehicle. The present work addresses this issue.

The main objective of this work is the design, simulation and construction of a go-kart type vehicle with an inclusive approach towards people with paraplegia. In this way, the regulations established by international standards such as the CIK-FIA (International Karting Commission – International Automobile Federation) are complied with. The design of the structure was made through the use of CAD programs such as: SolidWorks and Ansys. Through these applications, the different loads to which the structure and auxiliary systems of the vehicle will be subjected were established. Thus, compliance with the regulations established by the regulatory agencies was confirmed; In addition, the developed design provides ergonomics and safety to the occupant.

In this document, a theoretical-practical compilation is shown that serves as support for an optimal design and construction of the go-kart.

It is important to mention that this research, of an application and documentary nature, allowed identifying the necessary modifications in the design of the vehicle, thus covering the needs of people with disabilities in lower limbs.

Finally, performance tests were carried out where it was evidenced that the built prototype does not present any damage at the time of starting up, guaranteeing the comfort and safety of the driver.

**Keywords:** Paraplegia, Go-kart, Auxiliary Systems, Regulations, CAD Programs, karting.

## INTRODUCCIÓN:

La paraplejia es una condición que limita la movilidad de las extremidades inferiores. Suele ser resultado de una lesión de tipo medular en personas sin importar la edad. Se presenta en distintos niveles de gravedad que van desde problemas de inmovilización parcial hasta la paralización total del tronco inferior.

Las personas con problemas de paraplejia pueden desarrollar la habilidad y adquirir el conocimiento necesario para conducir un go-kart, sin embargo, es necesario modificar el diseño de un go-kart convencional para que esto sea posible.

El kartismo es una disciplina deportiva donde los participantes utilizan vehículos ligeros denominados go-karts. Dentro de las competencias que se desarrollan en este deporte existen ciertas problemáticas con respecto a la apertura para vehículos que presenten las modificaciones adecuadas para pilotos con limitaciones de movilidad.

El go-kart es un vehículo que no presenta suspensión, los neumáticos no van alineados y la estructura del chasis es adaptado a las normas que requiera la competencia, garantizando la comodidad y seguridad del ocupante y que a su vez sea funcional, ergonómico y de un costo accesible.

La composición del este vehículo monoplaza consiste en un motor estacionario, chasis, neumáticos, sistema de dirección, sistema de transmisión, sistema de frenado y una unidad de control manual que adapte los mandos de aceleración y freno por medio de palancas ubicadas en el volante de dirección.

La estructura del chasis se realizó mediante dobleces y soldadura de tubos con el proceso MIG (Metal Inert Gas), formando un chasis para un correcto funcionamiento y que sirva de soporte para todos los sistemas auxiliares. La construcción de elementos se elaboró mediante máquinas de precisión para evitar inconvenientes al momento de ensamblar los sistemas en la estructura cumpliendo las normativas vigentes.

Se presentó la capacidad de realizar algunas modificaciones tales como: asiento giratorio, volante desmontable, apoya piernas, etc. Siendo estas características que hacen que este go-kart sea diferente de los demás y tenga las adaptaciones necesarias que requieran los potenciales pilotos.

Al finalizar la construcción del prototipo es importante mencionar que el estudio fue sometido a diferentes pruebas con el fin de garantizar la obtención de una conducción óptima y así salvaguardar la integridad física del piloto.

# **CAPÍTULO I**

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un vehículo tipo go-kart inclusivo para personas con discapacidad (paraplejia)

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Analizar las condiciones para que una persona con discapacidad (parapléjica) pueda conducir un go-kart.
2. Diseñar la estructura del go-kart con el cumplimiento de las normativas vigentes, enfocado en la ergonomía y seguridad del ocupante.
3. Construir un go-kart para personas con discapacidad en las extremidades inferiores con sus debidos requerimientos y seguridades.
4. Comprobar el correcto funcionamiento del vehículo tipo go-kart mediante pruebas realizadas en pista.

### **1.3 JUSTIFICACION**

Dentro de la constitución del Ecuador en el artículo 11 el cual trata de los derechos en el numeral dos se menciona lo siguiente: “Todas las personas son iguales y gozaran de los mismos derechos, deberes y oportunidades” (Asamblea Constituyente, 2008), por lo cual se cumplirá con el primer eje de los objetivos del plan nacional del desarrollo. “Este eje posiciona al ser humano como sujeto de derechos a lo largo de todo el ciclo de vida” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017).

De este modo se confirma que todas las personas tienen derecho al deporte. Por medio de este trabajo se brinda una opción para que todos los ciudadanos sin excepción puedan hacer uso del go-kart para competencia o entretenimiento en el ámbito deportivo.

Cabe recalcar que las personas con paraplejía presentan limitaciones al momento de maniobrar un vehículo por lo que se encuentra la necesidad de diseñar y construir un go-kart adaptado a sus necesidades, y que incentive a que las personas con discapacidad física en sus miembros inferiores puedan integrarse en este deporte.

El diseño y construcción propuestos en este trabajo cuenta con las adaptaciones necesarias para que la persona con paraplejía pueda llevar el control del vehículo con comodidad y seguridad. Se propone la utilización de elementos adicionales en el vehículo de tal forma que en caso de accidentes se disminuya la probabilidad de daños físicos.

#### **1.4 ALCANCE**

En el presente trabajo se analizan las condiciones necesarias para que una persona con discapacidad en sus miembros inferiores acceda a la conducción de un vehículo tipo go-kart garantizando la seguridad y su confort. Para esto se cuentan con elementos adicionales en el diseño tradicional, tal como como un volante desmontable, un asiento giratorio y un apoya piernas con su debida inclinación y sujetadores.

Dentro del diseño del go-kart se contempla el cumplimiento de las normativas, estándares y conceptos vigentes para la construcción de este tipo de vehículo. El diseño se lo realizará utilizando un software CAD (Diseño asistido por computadora), con bases en el análisis de funcionamiento de los diferentes sistemas que conforman el go-kart. La propulsión será con un motor de combustión interna estacionario de 196 cc de cilindraje con una transmisión automática, seleccionando elementos óptimos para la conducción de personas con discapacidad.

Por otro lado, en el diseño estructural se utilizará la simulación de cargas sobre distintas configuraciones de chasis. De este modo se establecen los criterios para un correcto dimensionamiento y selección de materiales. Finalmente se realizará la construcción del go-kart siguiendo los requerimientos establecidos previamente para que el conductor con discapacidad tenga una experiencia cómoda y segura.

## 1.5 ANTECEDENTES

### **El Kartismo como deporte de formación**

El kartismo está definido como un deporte automotor muy importante de formación y escuela para pilotos de competición. El deporte se rige por normas muy estrictas, entre las entidades reguladoras más importantes está la Comisión Internacional de Karting la cual es controlada a su vez por medio de la Federación Internacional del Automovilismo, conocida por sus siglas CIK-FIA (Narváez, 2012).

El primer go-kart fue creado en 1956 en California, EE. UU. Los autores fueron Art Ingels y Lou Borelli con un motor McCulloch West-Bend y con un chasis improvisado que estaba a pocos centímetros del suelo fabricado con tubos reciclados. (Historia Del Karting, 2008).

Alrededor de los años 60s en países como Francia e Inglaterra se inició el karting como un deporte automovilístico. En búsqueda de reguladores que faciliten los procesos, la Federación Internacional de Automovilismo decidió fundar en 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK/FIA)". Años más tarde en España se formaba e iniciaba las actividades de este deporte. (GONZÁLEZ VILLACRESES, 2010).

En los años 70s y 80s los profesionales italianos, apasionados cuando se trata de deportes automovilísticos, fueron los pioneros en la especialización de la fabricación de las estructuras del go-kart. El modelo puma, uno de los diseños más prestigiosos de aquellos años fue diseñado y construido por la casa Tecno, y fue el prototipo modelo para la construcción de los demás chasis. En esta época los más grandes fabricantes de materiales para la elaboración de estos prototipos eran italianos, a pesar de que el motor Rotax de origen alemán, fue uno de los más usados en karting. (Ochoa, 2014).

En el momento en el que este deporte se introdujo en los Estados Unidos, iniciaron las competencias. Las mejoras tecnológicas ayudaron a que los karts superen rápidamente los 50 km/h y posteriormente en California 300 diferentes marcas estaban implicadas en la fabricación de prototipos de go-karts (Karting Virteam Blog: Historia Del Karting, 2013).

La evolución del karting ha permitido el desarrollo de la tecnología con comodidad y seguridad, siempre cumpliendo con normativas internacionales. Gracias a estudios y pruebas realizadas se ha podido crear estructuras de chasis más livianos y aerodinámicos,

así como la mejora de los demás elementos y en la actualidad un go-kart fácilmente puede superar velocidades de 200 km/h (“Go-Karts”: El Origen de Los Sueños de Webber y de Otros Pilotos de F1, 2012).

En la capital de la República del Ecuador, Quito, en el año de 1975 fue construido el primer kartódromo, teniendo una buena acogida y recibiendo a competidores de algunas ciudades del país. Al ver la participación de este deporte en el país, las ciudades de Guayaquil y Cuenca iniciaron la construcción de kartódromos para las competencias de este deporte. (David & Pozo, 2010).

En Ecuador se hacen competencias automovilísticas de go-karts de acuerdo con categorías pre-existentes, las cuales se han establecido dependiendo la edad de los pilotos, cilindraje del motor y estructura del vehículo. Estos vehículos pueden ser homologados por la (CIK-FIA) o prototipos construidos por estudiantes universitarios. (David & Pozo, 2010).

### **Acerca de la paraplejia y sus implicaciones de movilidad**

La paraplejia es una enfermedad que afecta a muchas personas en la actualidad sin importar la edad. Esta afectación se caracteriza porque la parte inferior del cuerpo queda paralizada y carece de funcionalidad. Esta condición se produce por lesiones a diferentes niveles. El primer caso de paraplejia fue registrado aproximadamente hace 5.000 años plasmado en un papiro egipcio. (Zenteno & Villalta, 2016).

En los enfrentamientos suscitados en la Primera Guerra Mundial tuvo como resultado muchos casos de paraplejia y algunos soldados murieron años después por complicaciones de sus lesiones. En la Segunda Guerra Mundial el gobierno Británico fundó un centro especial que trataba únicamente lesiones medulares, mismo que en la actualidad se llama hospital de Mandeville en Inglaterra. En 1956 en España se fundó la primera unidad de tratamiento para personas con paraplejia en ese país. También existió la Clínica del Trabajo de Madrid la cual se especializaba en lesiones localizadas en la columna. (Hospital Nacional de Paraplejicos, 2013).

La paraplejia es consecuencia de lesiones producidas en la médula espinal. Las personas que presentan esta discapacidad pueden mover y utilizar el tronco superior. Esta condición tiene distintos niveles de parálisis que van desde problemas no muy agresivos

como hormigueos o pérdida de la sensibilidad en las piernas hasta la paralización completa de sus extremidades inferiores (Vaquero, 2014).

Existen paraplejias progresivas producidas principalmente por tumores, metástasis vertebral, abscesos o esclerosis combinada. Las paraplejias agudas se dan por traumatismos en la zona lumbar, trombosis en la arteria espinal, hernias, traumatismo obstétrico, malformación congénita y problemas hereditarios. (Vaquero, 2014).

Existe la paraplejia flácida por ausencia total del músculo y no posee ningún tipo de reflejo. La paraplejia espasmódica es el resultado de una lesión en un nivel superior provocando una parálisis parcial de los músculos, haciendo que existan contracciones y reflejos tendinosos o nerviosos exagerados. (Vaquero, 2014).

Se puede mencionar que para las personas con discapacidad física en las extremidades inferiores es una obligación aprender a vivir sin movilidad, lo que representa un reto en sus actividades diarias. Debido a esto los pacientes con paraplejia requieren de dispositivos o equipos que sean adaptados a sus necesidades. (Hidalgo Martínez, 2017)

El rango de edad de más incidencia de esta discapacidad es de los 16 a los 33 años con una media de 23 años. Se debe tener en cuenta que el paciente parapléjico en más de un 80% de los casos sufre de lesiones irreversibles que impedirían en el futuro un restablecimiento de la movilidad de sus miembros inferiores. Es importante el fortalecimiento muscular en sus brazos y tronco, para así sustituir la inactividad de sus miembros inferiores (Hidalgo Martínez, 2017).

La Ley Orgánica de Discapacidades del Ecuador en el artículo 6 el cuál menciona a las personas con discapacidad lo siguiente:

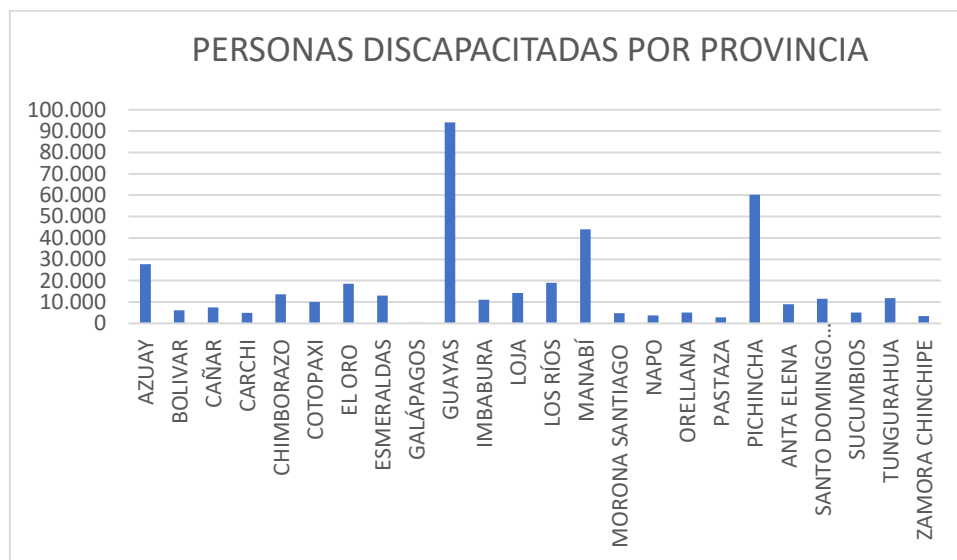
Se considera una persona con discapacidad a quienes presenten problemas de salud, como consecuencia de deficiencias ya sean físicas, mentales, intelectuales o sensoriales, sin importar la causa que la originó se ve restringida permanentemente su capacidad biológica, psicológica y asociativa para ejercer una o más actividades esenciales de la vida diaria, en la proporción que establezca el Reglamento (LEY ORGANICA DE DISCAPACIDADES, 2017)

La Constitución de la República que se encuentra vigente desde el año 2008, indica que en el artículo 35 reconoce a las personas con cualquier tipo de discapacidad como parte del “Grupo de Atención Prioritaria”, que nos indica que es obligatorio la igualdad de

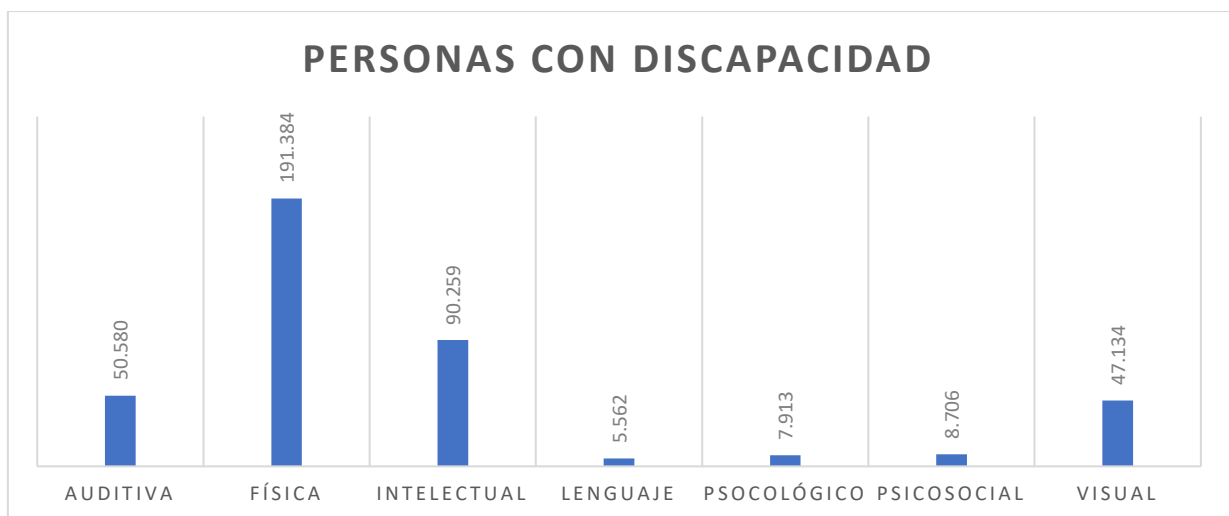


oportunidades para hacer válido el ejercicio de sus derechos (Consejo Nacional para la igualdad de Discapacidades, 2017).

El objetivo que tienen las Normas Jurídicas en Discapacidades Ecuador es “Impulsar y transversalizar en los sectores públicos y privados, la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad, así como la prevención de discapacidades a nivel nacional”. De esta forma garantiza la participación en diferentes sectores del país para así lograr una igualdad social y evitar la discriminación. (CONADIS, 2014)



**Figura 1** Personas con discapacidad por provincia  
(MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR, 2015)



**Figura 2** Principales discapacidades  
(MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR, 2015)

En el país, dentro del deporte del kartismo se pueden encontrar categorías que van desde Baby, Micro, Mini, Junior Max, DD2 Senior y Masters Novatos. En la actualidad se implementaron dos categorías para que estudiantes universitarios puedan competir con sus propios prototipos; esta categoría es denominada “Universidades”. Por otro lado, se tiene una categoría llamada “Adaptada” la cual es específicamente para personas discapacitadas (Cadena, 2019).

Hoy en día los motores automáticos son los más usados en prototipos para personas con discapacidad física por su control y maniobrabilidad. La utilización de estos motores también reduce el riesgo de sufrir colisiones. (Suárez et al., 2007).

Las lesiones más frecuentemente producidas por accidentes en go-karts son derivadas de la contusión ya sea torácica, abdominal o pélvica producidas por impactos contra el volante. También existen traumatismos craneoencefálicos y huesos fracturados por golpes en el momento del accidente. (Muñiz Fontán et al., 2010).

## **1.6 DIFICULTADES DE LA CONDUCCIÓN**

En función de lo presentado anteriormente se planifica desarrollar adaptaciones en el vehículo go-kart para personas con discapacidad parapléjica que fundamente la conducción a través de mandos al volante. La idea de partida es desarrollar una unidad de control manual para las funciones de acelerador y freno por medio mandos manuales. Con base en las características de diseño del go-kart se busca que los pilotos no desarrollen daños en las articulaciones superiores, por lo que la conducción deberá ser ergonómica. (Cárdenas F., 2018)

### **Síndrome del túnel carpiano**

Uno de los principales problemas en las extremidades superiores es el síndrome del túnel carpiano, el cual es una afección que se produce debido a la presión excesiva enfocada en el nervio mediano. Este nervio permite la sensibilidad y movimiento de las manos. Los principales efectos que produce este síndrome es el entumecimiento, hormigueo, debilidad o daño muscular en la mano y dedos. (Cárdenas F., 2018)

El nervio afectado aporta sensación y movilidad al lado de la mano donde se encuentra el dedo pulgar, índice, medio, anular y parte de la palma. Este síndrome se da por el

engrosamiento de los tendones y otras estructuras inflamadas que estrechan el túnel causando compresión en los nervios. Los síntomas que se presentan van empeorando de forma gradual hasta causar dolores fuertes y dificultad al sostener objetos. (Síndrome Del Túnel Carpiano: MedlinePlus Enciclopedia Médica., 2015)

Para el tratamiento del síndrome del túnel carpiano se usa férulas de reposo, tratamientos médicos, infiltraciones con corticosteroides y la intervención quirúrgica. Esta última se puede realizar mediante “técnicas convencional abierta o endoscópica para dar apertura del retináculo flexor del carpo” (López Almejo, 2014)

En la tabla 1 se puede observar las principales causas que provocan el síndrome del túnel carpiano y son:

**Tabla 1** Causas principales que ocasionan el túnel carpiano

<b>CAUSAS</b>	<b>DESARROLLO</b>
<b>Factores anatómicos</b>	Se da por una fractura o una dislocación de muñeca o a su vez por artritis que deforme los huesos de la mano provocando una presión sobre el nervio mediano.
<b>Sexo</b>	Se da de forma más frecuente en mujeres ya que la zona del túnel carpiano es más pequeña que en el sexo masculino.
<b>Afecciones que provocan lesiones a los nervios</b>	Existen enfermedades como la diabetes que permiten lesiones en los nervios con mayor frecuencia y facilidad.
<b>Afecciones inflamatorias.</b>	La principal causa es la artritis que inflama las articulaciones y que compromete el revestimiento alrededor de los tendones de la muñeca.
<b>Medicamentos</b>	El uso de anastrozol, que es un medicamento para tratar el cáncer de mama, puede provocar esta inflamación.
<b>Obesidad</b>	Se da en personas con sobrepeso, al existir menor espacio en las articulaciones.

<b>Cambios en los líquidos corporales</b>	La retención de líquidos es perjudicial, aumenta la presión dentro del túnel carpiano y de esta forma irrita el nervio mediano.
<b>Otras afecciones</b>	Se produce en etapas de embarazo, menopausia, problemas de la tiroides e insuficiencia renal.
<b>Factores del lugar de trabajo</b>	En personas que están expuestas a herramientas vibratorias o en trabajos que se necesita una flexión prolongada y repetitiva de la muñeca. La inflamación empeora cuando se realiza las actividades en un ambiente a temperaturas bajas.

**Fuente:** (Spagnolo et al., 2016)

## Artritis

La artritis es un desgaste o inflamación que se produce en las articulaciones, se presenta como una hinchazón o mayor sensibilidad en la unión de dos huesos. La artritis tiene como síntomas el dolor y la rigidez, que se deterioran según va avanzando la edad. (Singh et al., 2016)

En la Tabla 2 se puede analizar los factores que influyen en esta inflamación de la artritis y son:

**Tabla 2** Causas principales que ocasionan la artritis

<b>Causas</b>	<b>Desarrollo</b>
<b>Antecedentes familiares/ambientales</b>	Pueden ser hereditarios o desarrollar artritis causado por factores ambientales.
<b>La edad</b>	A mayor edad es más fácil desarrollar los diferentes tipos de artritis como la artrosis, la artritis reumatoide y la gota.
<b>El sexo</b>	Las mujeres desarrollan de forma más fácil la artritis reumatoide y los hombres la gota u otro tipo de artritis.

<b>Lesión articular previa</b>	Las personas que han tenido una lesión deportiva con el transcurso del tiempo tienen más posibilidades de contraer artritis.
<b>Obesidad</b>	Las personas con obesidad desarrollan artritis en las rodillas, cadera y columna por el peso extra que actúan sobre ellas.

Fuente: (Reyes, 2015)

### Factores médicos a considerar en el diseño del go-kart

En la tabla 3 se encuentran detallados algunos puntos importantes de seguridad para los vehículos de personas con movilidad reducida.

**Tabla 3** Propiedades de los vehículos para personas con discapacidad

<b>Funcionalidad</b>	Las adaptaciones deben garantizar el funcionamiento normal de la dirección, señalización, cambio de marchas, aceleración y frenado.
<b>Mantenimiento</b>	Las modificaciones no deberán afectar normalmente las revisiones periódicas del vehículo.
<b>Versatilidad</b>	Las instalaciones permitirán que el vehículo pueda ser conducido por cualquier persona.

Fuente: (Dols, 2004)

## 1.7 BIOMECÁNICA Y PATRONES FUNCIONALES DE LA MANO

La integridad de la microestructura y la macroestructura de la mano, combinada con abundante tejido cerebral, han ayudado para que los seres humanos desarrollen habilidades y ventajas con respecto a otros seres vivientes. La disposición anatómica de la mano a conferido una gran variedad de adaptaciones para el requerimiento en un tiempo determinado. (Amparo et al., 2012).

La mano está sometida a adaptaciones constantes que se pueden observar en el día a día con las diversas interacciones con el medio exterior. La posición de concavidad palmar

permite actividades como la de tomar y soltar objetos, movimientos de oposición que ayuda a una manipulación precisa, así como la realización de actividades de manipulación fina. (Amparo et al., 2012)

El agarre de precisión es aquel movimiento entre el pulgar y las caras flexoras de los dedos. En ella la muñeca se encuentra en una posición llamada dorsiflexión, mientras que los dedos están semiflexionados y el pulgar se opone para facilitar un agarre en específico. En la figura 3 se aprecia una de las clasificaciones de los patrones funcionales como es el agarre de precisión. Se muestran las articulaciones interfalángicas levemente flexionadas y el pulgar en sentido opuesto a los demás dedos con una ligera desviación cubital. (Amparo et al., 2012).



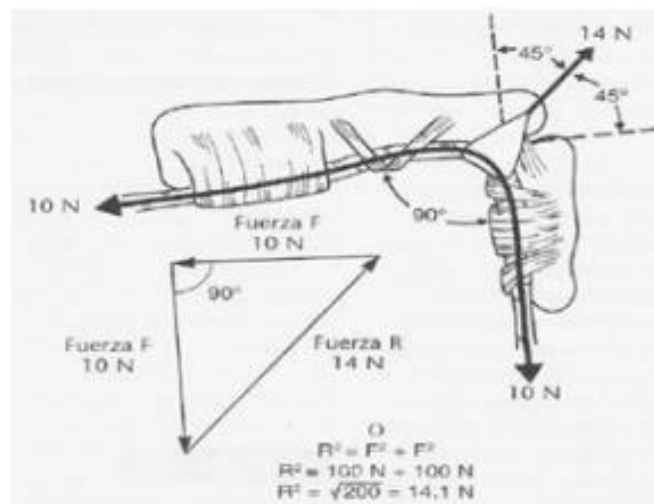
**Figura 3** Agarre de la mano  
(Amparo et al., 2012)

Para el análisis de las fuerzas ejercidas a través de las manos, la rehabilitación y correcto funcionamiento de la extremidad, se toman como referencia las observaciones de la American Society of Hands Therapist (ASHT). Esta entidad recomienda una posición de medida con el paciente sentado, hombro aducido y en rotación neutra, codo flexionado a  $90^\circ$  y el antebrazo y la muñeca en posición neutral. La secuencia de pruebas según la ASTH recomienda tres repeticiones consecutivas de cada lado con cierto tiempo de intervalo para la recuperación de filamentos musculares. (PEYDRO DE MOYA et al., 2012)

Los ángulos de flexión en los dedos van entre  $60^\circ$  y  $90^\circ$ , formado un ángulo de  $90^\circ$  de apriete máximo realizando una fuerza de 14N sin presentar fatiga en el momento de

trabajo tomando en cuenta que los dedos deben estar lo más cerrados posible y de esta forma se logra un agarre óptimo.(Escobar Quintero & Andrés, 2014)

Para una correcta apreciación de la fuerza de la mano se puede medir con un instrumento denominado dinamómetro, teniendo diferentes opciones de calibración. Para medir la fuerza de la mano se puede calibrar con la unidad de kilogramos. La utilización de esta herramienta se procede a sostener el aparato con la mano que se realiza la medición y con el brazo extendido ejerciendo una fuerza. Esta prueba se repite por 2 ocasiones por cada mano teniendo un lapso de descanso para así determinar que la fuerza de aplicación en hombres y mujeres se reduce a partir de los 50 años. (Lázaro et al., 2008)



**Figura 4** Fuerza en flexión de dedos  
(Escobar Quintero, 2014, pág. 12)

## 1.8 FUERZA DE FRENADO

Son denominadas fuerzas de frenado al esfuerzo que interviene para ejercer una presión contra un cuerpo en movimiento, para reducir la velocidad y mantener el control. Entre algunas fuerzas podemos encontrar las siguientes:

- Resistencia a la marcha.
- Retención del motor ocasionada por los elementos de fricción.
- Resistencia por fricción del aire.

Uno de los objetivos principales del sistema de frenado es la transformación de la energía cinética generada por el movimiento del vehículo a energía térmica producida por fuerzas

de fricción, con el objetivo de disminuir la velocidad del vehículo. Cabe recalcar que este proceso es eficaz cuando se mantiene el control del vehículo al aplicar las fuerzas y al disminuir el tiempo de frenado (Vélez Tobar, 2016). En la Tabla 4 se muestran distintos valores de coeficientes de fricción obtenidos experimentalmente y publicados en la literatura especializada.

**Tabla 4** Coeficientes de fricción en diferentes superficies

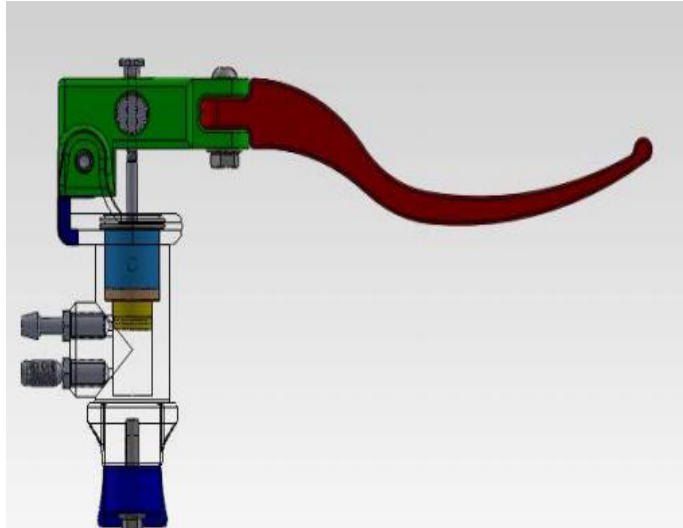
TIPO DE SUELO	ESTADO	NEUMÁTICOS NUEVOS ( $\mu$ )	NEUMÁTICOS USADOS ( $\mu$ )
Hormigón	Seco	1	1
	Mojado	0.7	0.5
Asfalto grueso	Seco	1	1
	Mojado	0.7	0.5
Asfalto normal	Seco	0.6	0.6
	Mojado	0.5	0.3
	Barro	0.2	0.1
	Hielo	0.05	<0.05
Asfalto compacto	Seco	0.6	0.6
	mojado	0.65	0.3

**Fuente:** (Vélez Tobar, 2016)

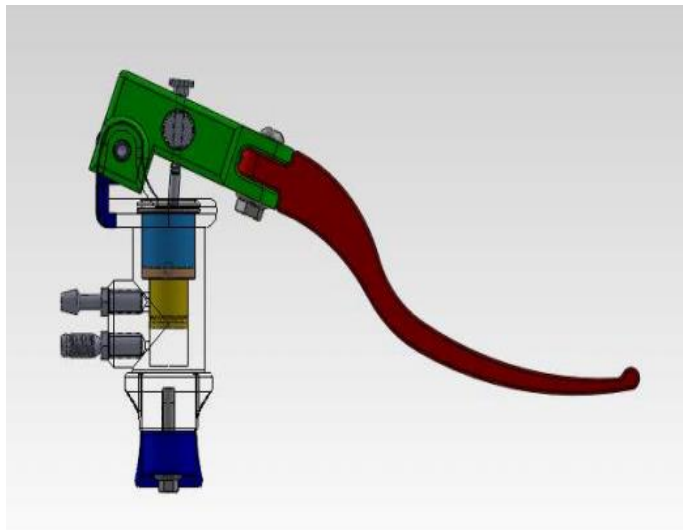
### 1.8.1 BOMBA DE FRENO

La bomba de freno tiene como objetivo generar la presión necesaria para que los pistones y bombines de freno actúen sobre las pastillas ubicadas en el caliper.





**Figura 5** Freno en reposo  
(Casanova Sánchez, 2012)



**Figura 6** Activación del freno  
(Casanova Sánchez, 2012)

## CAPITULO II

### 2 MATERIALES Y MÉTODOS:

#### 2.1 MATERIALES

En este punto se da a conocer los materiales que nos permitirán obtener los resultados del diseño, simulación y construcción del go-kart. Uno de los objetivos principales del presente trabajo es diseñar un modelo el cual cumpla todos los requisitos para que una persona con discapacidad física pueda conducir proporcionando seguridad y ergonomía al ocupante. Para la realización de los diseños y simulación es importante seleccionar correctamente el material a utilizar en la estructura del go-kart.

Se debe tener presente que en nuestro medio no existe una normativa enfocada a la estructura de estos prototipos, por lo que se realizó una serie de simulaciones que detalla la norma INEN 1323, para el análisis de las variaciones de la estructura y que no presente deformaciones que puedan ocasionar lesiones en el ocupante.

Para la realización de la estructura del go-kart hay diversas alternativas que varían en la disponibilidad en el mercado, en el precio y también en las características físicas y mecánicas del material. Tomando en cuenta las características resistivas y los procesos de manufactura de los materiales, su selección debe ser minuciosa. Con base en estos criterios se hace un descarte directo de algunos materiales, como es el caso del aluminio, cuyo proceso de soldadura implica un alto costo dentro del mercado nacional y difícil accesibilidad, así como la aleación de cromo-molibdeno que no se puede encontrar fácilmente en nuestro país.

Debido a lo expuesto anteriormente, la elección del material está enfocada en la resistencia mecánica, la soldabilidad y los procesos de manufactura implicados en la construcción del chasis. Con los criterios antes mencionados y la revisión de procesos de selección de materiales utilizados en la literatura especializada en diseño, se procede a la selección. Cabe recalcar que una de las variables decisorias en esta parte del diseño es la accesibilidad del material en el medio. De este modo se llega a la conclusión de que el material más apropiado para la construcción del prototipo para el presente trabajo es el acero ASTM A36, el cual es de fácil acceso dentro de nuestro entorno y satisface las necesidades de resistencia que se necesita para el vehículo.

**Tabla 5** Propiedades del ASTM A36

<b>PROPIEDADES DEL MATERIAL</b>		
<b>Propiedades</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Coefficiente de Poisson	-	0,3
Densidad	GPa	7850
Módulo de Young	MPa	200
Resistencia tracción	MPa	250
Tensión de ruptura	MPa	450

**Fuente:** (Fausto, 2019)

## 2.2 DATOS Y ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

En este vehículo monoplaça se usó un motor “Kyodo, 200cc estacionario”.

En la tabla 6 se da a conocer las características del motor.

**Tabla 6** Especificaciones del motor

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Características</b>
Marca	Kyodo
Número de cilindros	Mono cilíndrico o hv
Cilindraje	196cc
Potencia	6.5 hp @ 3600 rpm
Torque máximo	1,35 kgf,m @ 2500 rpm
Filtro de aire	Ciclónico de 3 etapas
Sistema de arranque	Manual/retráctil
Capacidad de aceite de cárter	6.0 l
Combustible	Gasolina
Capacidad de tanque de combustible	3.6 l
Punta de eje	Cilíndrica ¾”
Dimensiones (L/An/Al)	321 X 376 X 375 mm
Peso en seco	16 kg
Sensor de aceite	Si

**Fuente:** (Pablo, 2018, pág. 27)

## **2.3 DISEÑO MECÁNICO**

Dentro de la rama de la ingeniería, se puede definir el Diseño mecánico como el proceso de concretar ideas en la creación de máquinas o mecanismos útiles según el objetivo general planteado originalmente. Este proceso a su vez implica subprocesos de fabricación que cumplen normativas, y satisfacen de este modo las necesidades presentadas, con ayuda de programas computacionales. Para obtener un correcto diseño se debe considerar no solo los objetivos planteados, especificaciones, análisis, construcción sino también los procesos de validación, pruebas y evaluaciones finales (García Melo, 2004).

## **2.4 COMPONENTES DEL GO-KART**

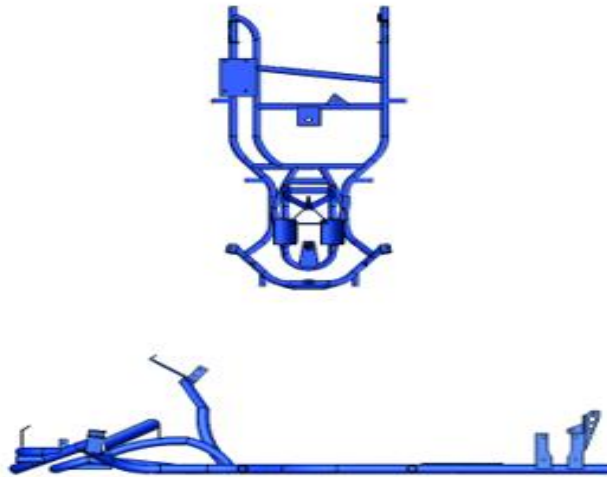
### **2.4.1 CHASIS**

Es una estructura tubular que tiene como objetivo dar soporte a la mayoría de los componentes del go-kart. Su forma está diseñada para resistir las cargas que se podrían producir por impactos, por maniobras de aceleración o desaceleración durante movimientos lineales o curvos y distribuir el peso de los componentes para ofrecer una conducción segura. El diseño del chasis debe cumplir con normas de seguridad establecidas para disminuir el riesgo de lesiones del conductor frente a un accidente y a su vez debe brindar comodidad al piloto (Miguel & Andrade, 2016.).

El chasis consta de un suelo que tiene como fin permitir la colocación de los pies del piloto y protegerlo de elementos externos en la calzada. Este suelo va ubicado desde el asiento del piloto hasta el extremo delantero de la estructura del go-kart y los materiales principalmente usados son el aluminio o el plástico. (Moreno Carlos & Vivanco Darko, 2011).

Una vez analizadas distintas alternativas bajo criterios expuestos en secciones anteriores, para la construcción del chasis se utilizó tubería redonda de 1½ pulgada, cédula 40 ASTM A36, por su fácil acceso en el mercado nacional y por sus propiedades mecánicas. Es importante recalcar que este material cual fue sometido a pruebas de dobleces y procesos de soldadura para la fabricación de la estructura del go-kart obteniéndose resultados óptimos.

Dentro del proceso de diseño se analizó la resistencia a cargas externas del chasis. Esta resistencia se estimó mediante simulaciones numéricas por el método de elementos finitos y los resultados se muestran más adelante.



**Figura 7** Chasis del go-kart  
Fuente Propia

#### **2.4.2 ASIENTO**

En los modelos convencionales de go-kart, el asiento va montado mediante pernos a una base que es solidaria con el chasis, tiene como objetivo brindar comodidad al conductor y mitigar los efectos de la inercia durante aceleraciones y desaceleraciones bruscas. Se construye de fibras y se refuerza con materiales más resistentes para evitar vibraciones o fallas en el material (Medina & Andrés, 2016).

Se adquirió un asiento de acuerdo con las normativas vigentes que establece la CIK-FIA. El asiento es de marca OMP, fabricado con fibra de vidrio, lo que proporciona un buen aislamiento eléctrico y térmico, peso ligero y versatilidad.

En el presente diseño el asiento es giratorio para brindar facilidades de acceso al piloto con discapacidad. El mecanismo utilizado para que el asiento sea giratorio se basa en un rodamiento de rodillos cónicos capaz de soportar cargas combinadas y evitar la fricción entre componentes.



**Figura 8** Asiento de go-kart  
RSN-Racingstore (2021)

## 2.5 SISTEMA DE DIRECCIÓN

El sistema de dirección permite controlar el vehículo de acuerdo los requerimientos de pista. De esta forma se puede maniobrar el vehículo ya sea en línea recta, así como en radios de giro. Este sistema debe ofrecer seguridad, suavidad y precisión al momento de dirigir el go-kart para evitar accidentes y poder reaccionar ante cualquier obstáculo que se presente. (Andres Narváezcórdoba Juan Camilo Acevedoaguirre Juan Felipe Ávilalópez Yecid Esteban Zapataoviedo, 2015).

### 2.5.1 VOLANTE

Es el encargado de dirigir la trayectoria que va a tomar el go-kart. Va montado con un desplazamiento lateral con respecto al piloto para así evitar el impacto directo en un accidente. El diámetro del volante va elegido por comodidad y maniobrabilidad del piloto. El volante mientras más pequeño sea mayor va a ser la fuerza que necesite el piloto para dar un giro con el go-kart (Alejandro et al., 2010).

La fabricación fue realizada con ayuda de diseños preestablecidos con adaptaciones de mandos al volante. El material utilizado es el ASTM A36 de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

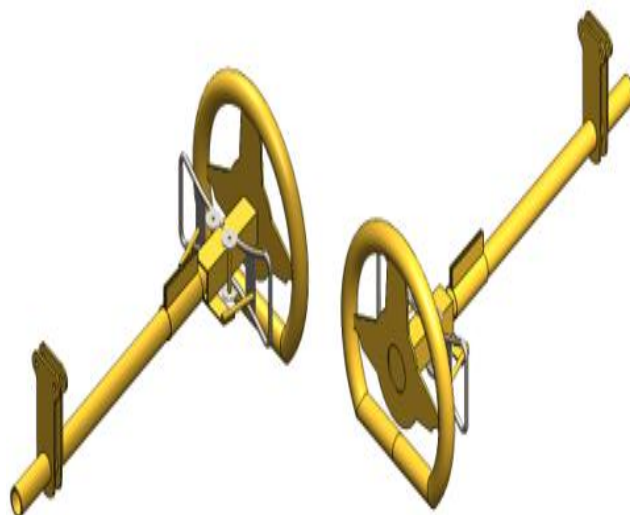


**Figura 9** Volante de go-kart  
Pablo (2018)

### 2.5.2 COLUMNA DE DIRECCIÓN

La columna de dirección va acoplada al volante por la parte superior y a las varillas de dirección por la parte inferior, de esta forma se conecta el sistema de dirección del Go kart. La columna gira y desplaza a las varillas que van acopladas a las manguetas y se consigue girar las ruedas delanteras. Su fabricación es en acero o hierro de alta resistencia para evitar pandeos y deformaciones durante la conducción (Loayza, 2015).

El modelo CRG fue tomado como referencia para la realización de la columna de dirección. El material utilizado es ASTM A36 de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.



**Figura 10** Columna de dirección  
Fuente Propia

### 2.5.3 VARILLAS DE DIRECCIÓN

Las varillas de dirección permiten el giro de las ruedas por lo que van unidas a la columna de dirección y pueden ser graduadas en el plano longitudinal por la presencia de rótulas en los extremos, logrando cambiar el ángulo de convergencia o divergencia. Los ángulos en los neumáticos delanteros se regulan mediante una rosca que tiene en los extremos de la varilla de dirección dependiendo de los circuitos en los que se va a conducir. En circuitos rectos se necesita un ángulo paralelo y en circuitos con curvas se debe mantener una ligera divergencia para evitar resistencia, que exige la disminución de la velocidad de avance del go-kart. (Torres et al., 2013).

En el presente trabajo se utilizaron varillas de dirección M8 X 295mm hexagonal elaboradas especialmente para go-karts.



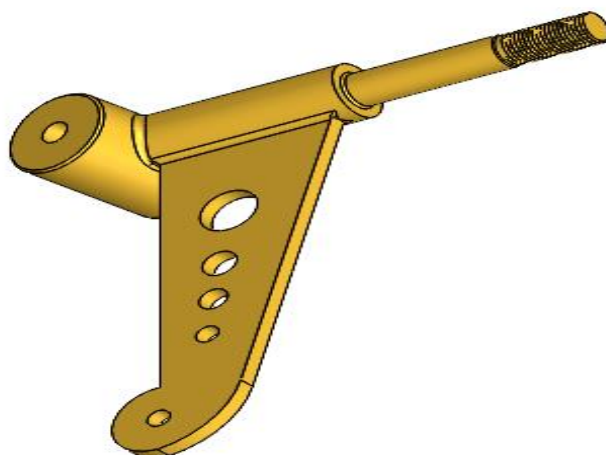
**Figura 11** Varillas de dirección  
Fuente Propia

### 2.5.4 MANGUETAS

Las manguetas van acopladas al bastidor por el un extremo y por el otro a las varillas de dirección, permiten ajustar la amplitud de la vía delantera y sirven como eje de soporte para los aros delanteros. (Contreras, 2018).

Las manguetas realizadas fueron a partir de modelos estandarizados del kartismo. Se utilizó el material de acero al carbono A36.





**Figura 12** Mangueta BST


Fuente Propia

## 2.6 NEUMÁTICOS Y AROS

Tienen como función transmitir la potencia generada por el motor y la eficiencia del frenado sobre la superficie de contacto o pista. De los neumáticos depende que la conducción sea segura y no exista derrapes ni pérdidas de control del go-kart. Existen diferentes tipos de neumáticos, estos dependen de las condiciones climáticas y de las superficies de la calzada.

Los aros son la estructura donde se monta el neumático y se acopla al go-kart, para poder desplazarse en la pista. Se fabrican de aluminio, magnesio, cromo y diferentes aleaciones que dan resistencia y flexibilidad. (Francisco & Rivera, 2018) Se adquirió neumáticos para lluvia de marca MOJO 11X6.00-5 por su resistencia y acoplamiento a diferentes superficies. Estos neumáticos son fabricados especialmente para go-karts. En la Tabla 7 se muestran distintos tipos de neumáticos y su descripción.

**Tabla 7** Tipos de neumáticos

Tipo de neumáticos	Definición	Gráfico
Neumáticos secos	Son conocidos como slick por lo que no tienen ningún perfil y ayuda a tener un mejor	

	agarre en superficies de asfalto.	
Neumáticos de lluvia	Presentan un perfil o ranuras que deslizan el agua entre el suelo y el neumático y se usan para condiciones de lluvia.	
Neumáticos fuera de la carretera	Tienen surcos profundos con el fin de aumentar la tracción en condiciones de barro y suciedad.	
Neumáticos mixtos	Presentan surcos moderados para así lograr una buena tracción en pistas de arena y suciedad.	

Fuente: (GOKART GUIDE, 2017)

## 2.7 SISTEMA DE TRACCIÓN

### 2.7.1 EJE DE TRANSMISIÓN

El eje de transmisión es una barra maciza o hueca que va atornillado al bastidor mediante soportes en los puntos fijos de apoyo. Tiene como objetivo transmitir la máxima potencia desde el motor hacia el extremo de este, dónde van acoplados los neumáticos. Así como también sirven de soporte al sistema de frenado. Debe soportar fuerzas de flexión y torsión, ya que el go-kart carece de sistema de suspensión (Gupta et al., 2019).

Para la realización del eje posterior se utilizó tubería ASTM A36 cédula 40.

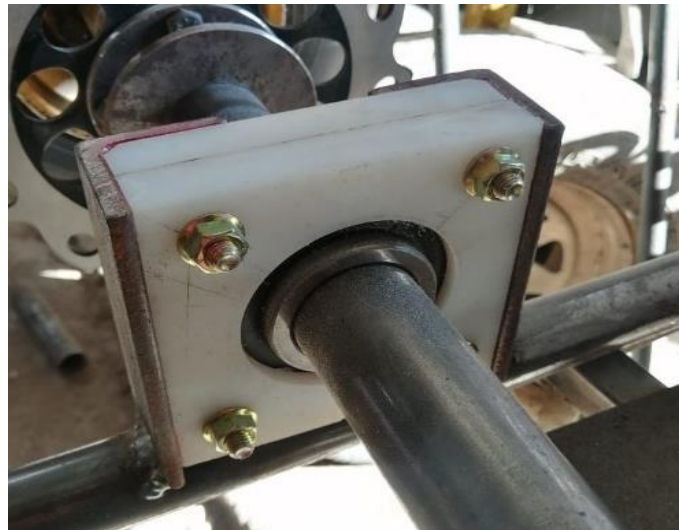


**Figura 13** Eje posterior o de tracción  
Fuente propia

### 2.7.2 RODAMIENTOS DE APOYO DEL EJE

Los rodamientos permiten dar libre giro al eje posterior que van acoplados a una estructura que los ancla al chasis, de esta forma se garantiza que no exista juego y que estén fijos a los soportes de eje (Medina & Andrés, 2016).

Se utilizó rodamientos UC208-24 marca KYODO para ejes de 1 ½ de pulgada, los cuales resisten altas velocidades, a su vez soportan cargas radiales y axiales.



**Figura 14** Rodamientos del apoyo del eje  
Fuente propia

### 2.7.3 ESTRELLA O CATALINA

Tiene como función transmitir el movimiento que genera el motor al eje de transmisión. El número de dientes y el diámetro determinan la relación de transmisión. La catalina va

sujeta mediante la porta catalinas que soporta resistencias elevadas a la torsión y va incrustada al eje posterior permitiendo la transmisión de potencia (Idrovo Andrés, 2020).

Se utilizó una catalina de 24 dientes marca MOTTOX, proporcionando mayor velocidad al go-kart por su relación de transmisión.



**Figura 15** Corona de aluminio paso 219 KF 60  
MondoKart Racing Shop (2021).

#### 2.7.4 PIÑÓN DE TRANSMISIÓN

El piñón va fijo al eje de salida del motor en el cuál va montada la cadena formando un sistema junto con la catalina que transmite la potencia del motor al eje posterior. El número de dientes del piñón depende del circuito en que se va a conducir para obtener la relación de transmisión requerida (Román & Gonzalo, 2020).

El piñón de transmisión presenta 12 dientes de marca MOTTOX formando una relación de 2:1 permitiendo al go-kart tener una mayor velocidad en todo tipo de trayectorias.



**Figura 16** Piñón de transmisión manual  
Tony Kart (2011)

### 2.7.5 CADENA DE TRANSMISIÓN

Tiene como función transmitir el movimiento del motor a las ruedas motrices. La cadena debe tener la dimensión correcta que varía según la estrella y el piñón de transmisión elegidos. Para acoplar la cadena se puede añadir o retirar eslabones.

Se utilizó una cadena 102 CZ 219R, reforzada en los pasadores para una mayor duración y evitar roturas durante el funcionamiento.



**Figura 17** Cadena de transmisión del go-kart  
Fuente propia

### 2.7.6 EMBRAGUE

Permite conectar el motor con la transmisión de una manera segura y de forma instantánea, sin el embrague no se podría ingresar otra marcha cuando se está a velocidad. Existen dos tipos de embragues que es el multidisco seco y el húmedo los cuales se usan dependiendo el motor y la forma de conducción (González Aníbal & Cáceres Christian, 2014).

Se utilizó un embrague centrífugo seco MN kart, el funcionamiento es de manera automática, al aumentar la velocidad de rotación este se acopla al eje de salida y cuando la velocidad es mínima el embrague deja de operar.



**Figura 18** Embrague centrífugo seco con  $\frac{3}{4}$  y 12 dientes  
Fuente propia

### 2.7.7 MOTOR

El motor de combustión interna (MCI) tiene como función principal la transformación de energía térmica que proporciona las características del combustible a energía mecánica, creando una fuerza la cual da paso al movimiento de elementos. Son llamados MCI ya que el proceso de combustión lo realizan en una cámara herméticamente cerrada. La presión de los gases de la combustión y el calor generado en el interior, provocan el movimiento de un mecanismo que se aprovechara como fuente de energía (Martínez, 2004).

El motor de un go-kart es el elemento más importante en el sistema de tracción, este elemento tiene una complejidad considerable ya que posee un sin número de piezas las cuales están en constante movimiento cuando esté funcionando el motor lo que ocasiona un desgaste, por lo cual es necesario someter a un mantenimiento preventivo y correctivo cuando sea el caso. Dentro de estos mantenimientos se puede modificar las diferentes prestaciones de este elemento como es el torque y la potencia.

Se utilizó un motor estacionario de marca KYODO que presenta un cilindraje de 196 cc, una potencia de 6.5hp @ 3600rpm y un torque máximo de 13,23 Nm, el cual nos brinda una fácil conducción mediante mandos a volante.





**Figura 19** Motor estacionario 196 cc  
Fuente propia

## 2.8 SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenado es uno de los sistemas más importantes ya que tiene la función de reducir la velocidad hasta llegar a detener al vehículo. En la actualidad para los go-karts se puede encontrar dos tipos de sistemas de frenado que son:

- El freno mecánico consiste en un sistema de cierre de una mordaza logrando comprimir el disco de freno por medio de una pastilla de material cerámico. Este trabajo es accionado mediante cables y muelles, produciendo la suficiente fricción para reducir la velocidad del go-kart.
- El freno por accionamiento hidráulico consiste en reducir esfuerzos por medio de un fluido de trabajo, el cual es transportado por cañerías ejerciendo suficiente presión para lograr un frenado empujando las pastillas de freno contra el disco, optimizando el esfuerzo del piloto.

El sistema de frenado de un automóvil debe trabajar en forma segura en cualquier circunstancia, lo cual implica disponer una buena fricción entre disco de freno y pastillas de freno, en cualquier condición del ambiente como es la temperatura, humedad y salinidad. (García León et al., 2018)

### 2.8.1 DISCO DE FRENO

La fundición gris nodular de grafito laminar es el material más utilizado para la fabricación de discos de freno, este material posee las propiedades para que tenga un

correcto funcionamiento durante su vida útil. Cabe mencionar que existen diferentes tipos de disco de frenos entre los más utilizados están los sólidos o con cavidades de ventilación.

El disco tiene la función de absorber y disipar el calor generado por la fricción transmitida por el contacto de las pastillas con el disco, siendo esta la función más importante ya que el calor excesivo en el sistema de frenos puede producir desperfectos. (Bosch, 2016).

Se seleccionó un disco de freno ventilado de marca MOTTOX cuyo material es de acero y permite disipar el calor a momento del frenado, brindando una mejor respuesta de frenado y mayor duración.



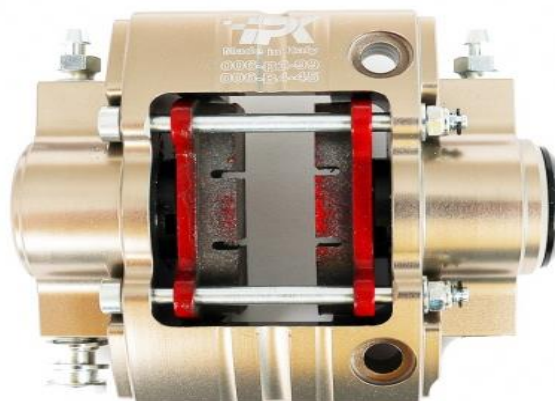
**Figura 20** Disco de freno autoventilado 180x13  
Tony Kart (2016)

### 2.8.2 MORDAZA O CALIPER

Es el componente donde se alojan diferentes elementos de frenado como son las pastillas de freno y pistones. La función principal de los pistones es de empujar las pastillas de freno contra el disco para reducir la velocidad del vehículo hasta llegar a detenerlo.

Se eligió un caliper de 2 pistones marca MOTTOX para una mejor eficiencia de frenado.





**Figura 21** Caliper de freno posterior IPK  
MondoKart Racing Srl (2021)

### 2.8.3 PASTILLA DE FRENO

Las pastillas de frenos soportan altas temperaturas proporcionando el suficiente coeficiente de fricción para lograr detener el vehículo. Los requerimientos básicos del material de fricción son los que establece la propia aplicación del producto. Los más relevantes según FERODO (2018) son:

- Presentar un coeficiente de fricción adecuado y estable a cualquier rango de temperatura y presión.
- Mantener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.
- Una cierta compresibilidad, tanto en frío como en caliente, que haga que el material absorba vibraciones e irregularidades de la otra superficie con la que entra en contacto.
- Una buena resistencia al choque y al cizallamiento.

Se seleccionó unas pastillas de marca MTATCN de material cerámico el cual presenta propiedades de mantener el coeficiente de fricción adecuado al estar expuesto a diferentes presiones y temperaturas.



**Figura 22** Pastillas de freno Ferodo Racing  
FERODO (2018)

## 2.9 PROGRAMAS DE SOPORTE

El Método de los Elementos Finitos (MEF) es utilizado en el área de la ingeniería, ayudando en el desarrollo y validación de modelos empíricos y mecánicos. Todo modelo numérico realizado debe ser validado, para que los resultados obtenidos sean aplicables en la realidad. La validación se puede realizar mediante la comparación de los resultados obtenidos experimentalmente o con modelos previamente validados. (Ramírez, 2015).

Existen diferentes programas de simulación que nos brindan facilidad al momento de realizar análisis de cargas en una estructura, se realizó una investigación de los principales softwares libres que existen y que se podría utilizar.

Las definiciones de software explicadas en la Tabla 8 han sido tomadas de (Díaz Alarcón, 2019), (Ortner, 1999), (Cedamano, 2005) e (Infounsa, 2022).

**Tabla 8** Software de diseño y simulación

PROGRAMA	DESCRIPCIÓN
<b>CalculiX</b>	Trabaja en el análisis de elementos finitos, es gratuito y reconoce figuras de origen CAD. Se utiliza en estudios de cargas estáticas, etapas térmicas y de diseño.
<b>Code_Aster:</b>	Es un software de análisis de elementos finitos y simulación numérica en componentes estructurales, está designado para análisis estáticos y dinámicos, problemas no lineales y procesos

	térmicos. Se usa en procesos de validación y permite realizar mallado, pre-procesado y post-procesado.
<b>Openfoam</b>	Permite estudiar el comportamiento de los fluidos, turbulencias, reacciones químicas, electromagnetismo y transferencias de calor
<b>MFIX</b>	Es un software enfocado en la manera gráfica para la simulación de transporte de material granular. Esta interfaz permite realizar simulaciones básicas hasta componentes muy complejos, tiene instaladores para todo tipo de sistemas operativos
<b>Kratos multyphysics</b>	Es un software desarrollado por el centro internacional de métodos numéricos en ingeniería, procesa todo tipo de soluciones numéricas, incluso de acoplamiento (DEM).
<b>Blender</b>	Está enfocado en el modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales. Es de fácil acceso, no necesita memoria amplia y se puede realizar simulaciones de cualquier nivel.
<b>Flow</b>	Permite diseñar diferentes artículos y reduce el tiempo de comercialización, es un software de precisión elevada y también permite la simulación de comportamiento de líquidos y gases en aplicaciones industriales
<b>OnScale</b>	Permite el cálculo ilimitado de las supercomputadoras en la nube, se realiza simulaciones en 3D para elaborar prototipos y registrar el comportamiento de un componente en su ambiente de trabajo
<b>AnyLogic</b>	Es un programa que permite la simulación de eventos discretos, con diferentes funcionalidades como la de imágenes en 3D. Realiza diseño modelado dinámico, continuo, estocástico entre otros.
<b>FlexSim</b>	Es una herramienta con un amplio campo para realizar diferentes funciones como la de modelar en 3D, realizar el análisis del diseño, visualizar y optimizar el tiempo en diferentes procesos.
<b>COMSOL Multiphysics</b>	Es una herramienta la cual es utilizada para la simulación en aplicaciones eléctricas, mecánicas y químicas.
<b>CAEplex</b>	Es una plataforma basada en la web, enfocada en análisis de elementos finitos que se ejecutan en la nube.

<b>Abaqus</b>	Es un conjunto de programas informáticos de elementos finitos que realizan cálculos estáticos y dinámicos, simulación de impactos, problemas de contacto de sólidos, térmicos, mecánica de fluidos, entre otros.
<b>Ansys</b>	Este programa de simulación desarrolla simulaciones por medio de la teoría de elementos finitos para estructuras y volúmenes de fluidos.
<b>SolidWorks</b>	Es un software de diseño asistido por computadora (CAD), para la fabricación de piezas, la creación de planos en 2D y ensambles en 3D. Entre las opciones más importantes tenemos las de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos durante los procesos que corresponden al diseño, la simulación y construcción del go-kart con sus respectivas modificaciones. Se analiza e interpreta los valores y las gráficas que se presentaron durante el desarrollo del proyecto.

Para el diseño del go-kart se realizó una investigación sobre los diferentes componentes y estructuras ya existentes en el ámbito de la competencia. En el diseño del chasis se analizaron distintas estructuras y se eligió la más apropiada, de tal forma que se ofrezca al ocupante una conducción cómoda y segura.

El go-kart es un vehículo mono plaza, posee una estructura que aloja cuatro ruedas las cuales no están alineadas y sobre el chasis se colocan los sistemas auxiliares. El diseño de la estructura del vehículo cumple las normativas vigentes las cuales nos determinan las dimensiones máximas que puede tener un go-kart.

Según la Comisión Internacional de Karting regulado por la Federación Internacional del Automovilismo (CIK/FIA) determina las medidas en cuanto a la longitud y espesor de la tubería a utilizar del chasis de un go-kart.

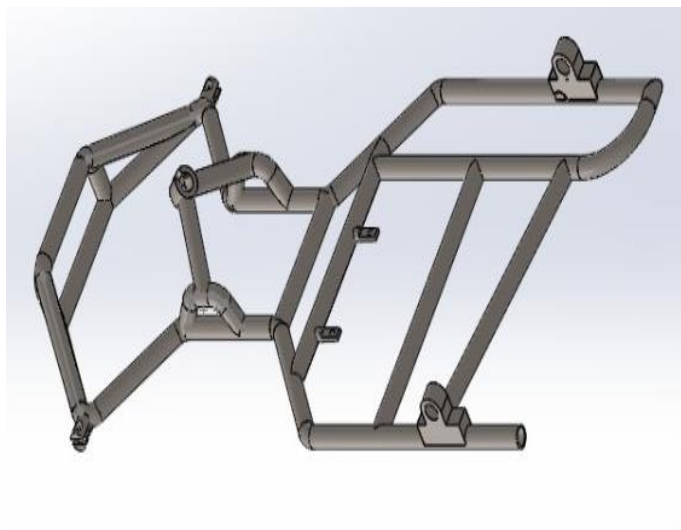
- La estructura debe ser compuesta con secciones tubulares de acero con o sin aleación
- La estructura del chasis debe ser una estructura rígida con piezas soldadas para la colocación de los demás componentes.
- Distancia entre ejes debe estar entre 1010mm a 1300mm.
- Ancho del go-kart debe ser como mínimo  $2/3$  de la medida de ejes.
- El karting debe tener una longitud que no supere los 2000 mm
- El go-kart no debe superar 1400 mm de ancho.
- La distancia del suelo con el punto más alto del karting no debe superar los 600mm
- El árbol de transmisión no debe superar los 50mm de diámetro y 1.9mm de espesor.

### 3.1 CONDICIONES DEL DISEÑO

Para la realización de los diseños se usó el software SOLIDWORKS año 2020, dónde se realizó 3 diferentes tipos de estructuras como propuestas para posteriormente elegir el modelo más eficaz, confortable y manejable para el conductor.

#### 3.1.1 DISEÑO 1

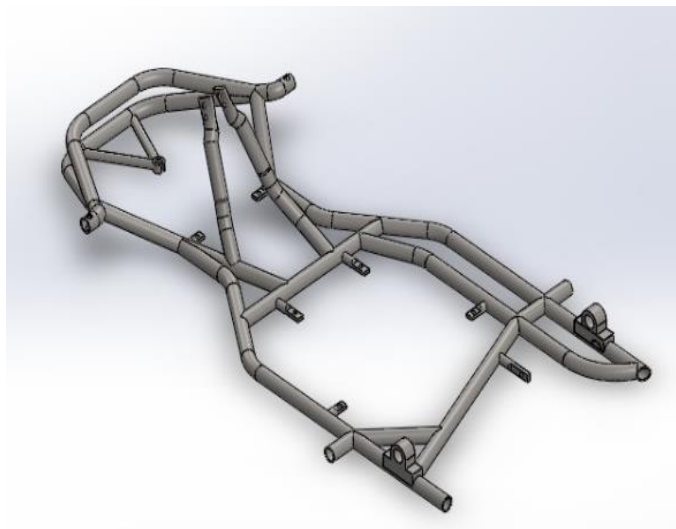
El primer diseño realizado es un chasis plano que consiste en una estructura liviana, simple y con componentes básicos que permitan al conductor poder ingresar de manera fácil. Presenta en su estructura unas bases laterales que cumplen la función de sostener las piernas del ocupante del go-kart mediante unas correas de velcro dando mayor sujeción al momento de conducir.



**Figura 23** Chasis go-kart modelo 1  
Fuente propia

#### 3.1.2 DISEÑO 2

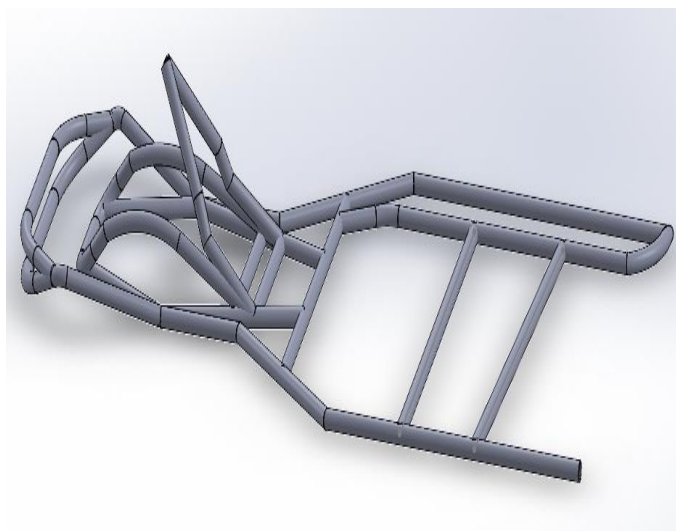
El segundo diseño consiste en una estructura reforzada y un soporte de protección en la zona frontal para evitar daños en el ocupante al momento de una colisión. Al presentar menor cantidad de componentes en el chasis permite una mejor comodidad y fácil acceso para el conductor. En el eje frontal existe un ángulo de inclinación que nos brinda mayor estabilidad al momento de la conducción y una mejor maniobrabilidad.



**Figura 24** Chasis Go-kart modelo 2  
Fuente propia

### 3.1.3 DISEÑO 3

El tercer diseño es una estructura más compleja, en la que se combinan los dos diseños presentados anteriormente. Esta opción tiene un soporte en la zona frontal y una inclinación en el eje. Presenta un apoya piernas estático el cual va montado en la estructura dando mayor comodidad, seguridad y soporte al conductor.



**Figura 25** Chasis Go-kart modelo 3  
Fuente propia

### 3.2 CARGAS APLICADAS EN LA SIMULACIÓN

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) rige las normas para todos los productos elaborados/utilizados dentro de nuestro país. Para la realización de este proyecto al no tener una normativa específica para la fabricación de un go-kart se tomó como referencia la normativa NTE INEN 1323 – 2009, que es usada para carrocerías de autobuses, empleando cargas que determinan la resistencia y deformación de la estructura.

Dentro de la normativa encontramos las cargas principales a emplear en el diseño las cuales se menciona a continuación:

- Carga muerta.
- Carga viva.
- Carga de giro.
- Carga de aceleración brusca.
- Carga de frenado.
- Carga por resistencia de aire frontal.

#### 3.2.1 CARGA MUERTA (M)

Para el cálculo de esta carga se toma en cuenta el peso de todos los componentes estructurales y no estructurales en condiciones operativas, es decir todos los accesorios. (NTE INEN 1323, 2009)

$$M = Mt * g \quad (1)$$

Dónde:

M: Carga muerta. (N)

Mt: Peso estructural (Kg)

g: Gravedad ( $m/s^2$ )



### 3.2.2 CARGA VIVA (V)

Está determinada por la carga del ocupante que está distribuida uniformemente en la estructura. Según la NTE INEN 1323 la masa del ocupante en Kg hace referencia a un promedio del peso de una persona adulta que es de 70 Kg. (NTE INEN 1323, 2009)

$$V = Vt * g \quad (2)$$

Dónde:

V: Carga viva (N)

Vt: Peso piloto (Kg)

g: Gravedad ( $m/s^2$ )

### 3.2.3 CARGA DE GIRO (G)

Esta fuerza se calcula en función de la fuerza centrífuga que se genera cuando el kart toma una curva con un determinado radio de giro a una cierta velocidad. La normativa nos detalla en la Tabla 9 que se encuentra a continuación recomendando usar una velocidad de al menos 90 km/h. (NTE INEN 1323, 2009)

**Tabla 9** Valores de la carga de giro

Velocidad del vehículo en (km/h)	radio de curvatura en la carretera	Peralte (%)
80	250	<b>8</b>
85	300	
<b>90</b>	<b>350</b>	
95	400	
100	450	
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	
130	900	6.97
135	1050	6.25
140	1250	5.49
145	1475	4.84
150	1725	4.29

Fuente: (NTE INEN 1323, 2009)

$$G = (Mt + V) * \frac{v^2}{r} \quad (3)$$

Dónde:

G: Carga de giro (N)

Mt: Peso de la estructura (Kg)

Vt: Peso del piloto (Kg)

V: velocidad (m/s<sup>2</sup>)

R: radio de giro (m)

### 3.2.4 CARGA DE ACELERACIÓN BRUSCA (AB):

Denominada así ya que el vehículo soporta una aplicación de una fuerza de aceleración brusca. (NTE INEN 1323, 2009)

$$Ab = Mt * (-a) \quad (4)$$

Dónde:

Ab= Carga de aceleración brusca (N)

Mt= Peso generado por los materiales (kg)

a= Aceleración (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.5 CARGA DE FRENADO (F)

Es producida al aplicar una fuerza que se genera por el sistema de frenos del vehículo. (NTE INEN 1323, 2009)

$$F = Mt * a \quad (5)$$

Dónde:

F= carga de frenado (N)

Mt= Peso generado por los materiales (kg)

a= Aceleración (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.6 CARGA POR RESISTENCIA DEL AIRE FRONTAL (RAF)

Correspondiente a la fuerza del aire que se ejerce contra la estructura del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal. (NTE INEN 1323, 2009)

$$Raf = \frac{Cx * \rho * Af * v^2}{2} \quad (6)$$

Dónde:

Cx= coeficiente de resistencia aerodinámica (N).

$\rho$ = densidad del aire ( $kg/m^3$ ).

Af= área correspondiente a la proyección ( $m^2$ ).

V= velocidad (m/s).

### 3.3 CÁLCULOS

#### 3.3.1 CARGA MUERTA:

$$M = Mt * g$$

$$M = 58,8(kg) * 9,81m/s^2$$

$$M = 576,83 (N)$$

#### 3.3.2 CARGA VIVA:

$$V = Vt * g$$

$$V = 70(kg) * 9,81m/s^2$$

$$V = 686,7 (N)$$

#### 3.3.3 CARGA DE GIRO:

$$G = (Mt + V) * \frac{v^2}{r}$$

$$G = (58,8 + 70)kg * \frac{(25 m/s^2)^2}{350 (m)}$$

$$G = 230 (N)$$

### 3.3.4 CARGA DE ACELERACIÓN BRUSCA:

$a = 4 \text{ m/s}^2$  valor que establece la NTE INEN 1323 – 2009

$$Ab = Mt * (-a)$$

$$Ab = 58,8 \text{ (kg)} * (-4 \text{ m/s}^2)$$

$$Ab = -235,2 \text{ (N)}$$

### 3.3.5 CARGA DE FRENADO:

$$F = Mt * a$$

$$F = 58,8 \text{ (kg)} * 4 \text{ (m/s}^2)$$

$$F = 235,2 \text{ (N)}$$

### 3.3.6 CARGA POR RESISTENCIA DEL AIRE FRONTAL:

$C_x =$  coeficiente de resistencia aerodinámica =  $0.7 \times 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$\rho =$  densidad del aire a  $20^\circ = 1.204 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  según tablas A-9 de (Cimbala & Cengel, 2001)

$A_f =$  área correspondiente a la proyección  $0.18056 \text{ m}^2$ .

$$R_{af} = \frac{C_x * \rho * A_f * v^2}{2}$$

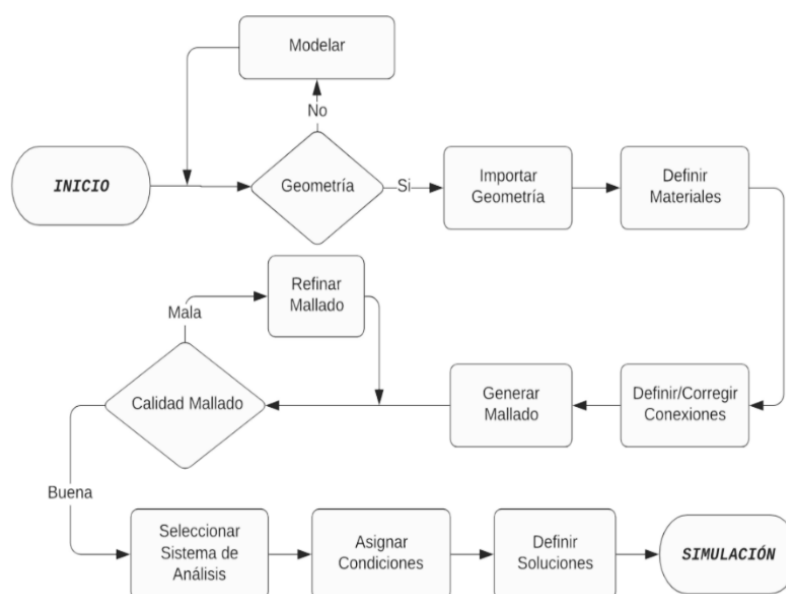
$$R_{af} = \frac{0.7 \times 1.2258 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 1.204 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.18056 \text{ (m}^2) * 25 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2}$$

$$R_{af} = 59,88 \text{ (N)}$$

### 3.4 PROCESO DE SIMULACIÓN

La simulación se realizó en el Software de diseño Ansys. Esto permitió analizar las cargas que soporta la estructura del go-kart y también los componentes que presenta el mismo.

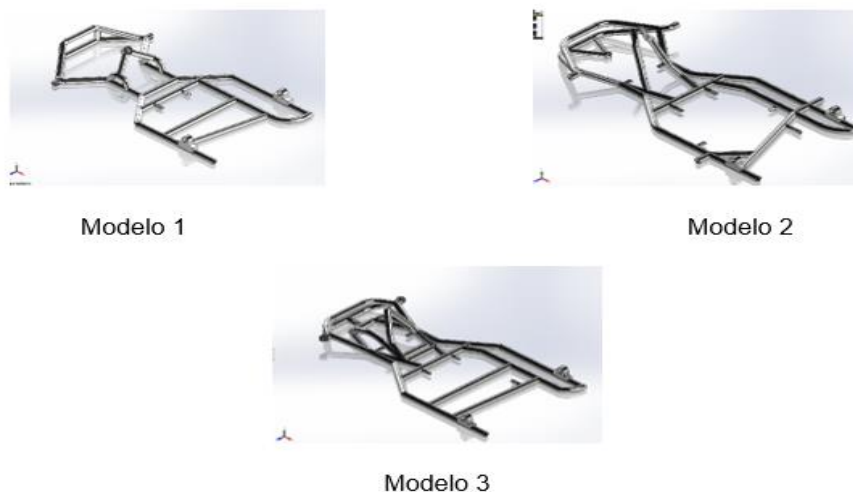
Contando con el diseño del chasis y las cargas que se van a utilizar, se procedió a realizar la simulación de los diseños teniendo en cuenta las diferentes pruebas y condiciones de cada una.



**Figura 26** Proceso de simulación  
Fernández & Meneses (2021).

#### 3.4.1 GEOMETRÍA

Se tienen 3 geometrías diferentes para comparar y determinar la mejor opción para ser construido. Estas geometrías fueron realizadas en SolidWorks para posteriormente ser importadas en Ansys. Para ello se transforman los datos del modelado de tal forma que sean compatibles con el software de simulación. Los formatos usados son el \*.IGS y \*.SAT, siendo este último el utilizado en el proyecto.

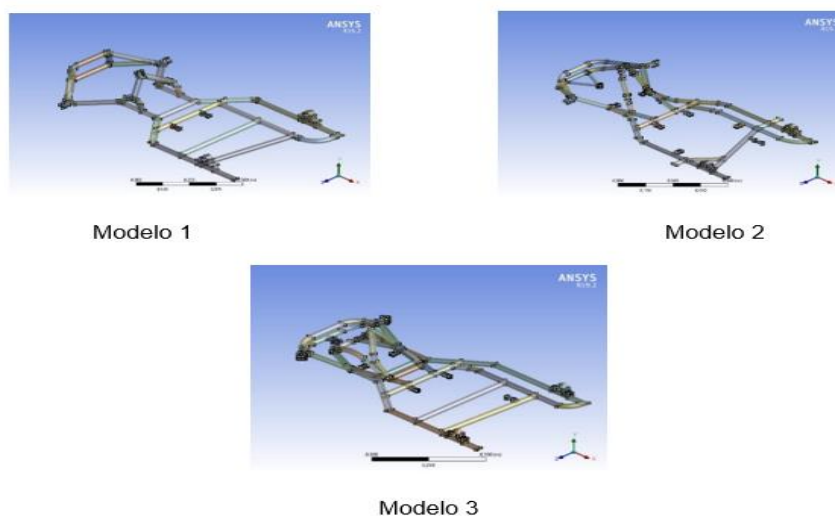


T

**Figura 27** Diseños de la estructura del go-kart  
Fuente Propia

### 3.4.2 MODELADOS DEL GO-KART EN SOLIDWORKS

Una vez en el módulo de ANSYS, en la mesa de trabajo Workbench se realizaron modificaciones en el área de SpaceClaim para definir cambios en la geometría o en los planos a trabajar.



**Figura 28** Geometrías importadas en ANSYS  
Fuente Propia

### 3.4.3 MATERIALES PARA LA SIMULACIÓN

Ansys da la opción de definir o de seleccionar el material de los elementos a ser sometidos a simulación. Este software presenta una biblioteca muy amplia de materiales sin embargo en el presente trabajo se ha definido un material en base a las características y especificaciones disponibles en el mercado local. Se usó Acero estructural ASTM A36

para los 3 modelos presentados anteriormente. Las propiedades del material se muestran en la tabla 5.

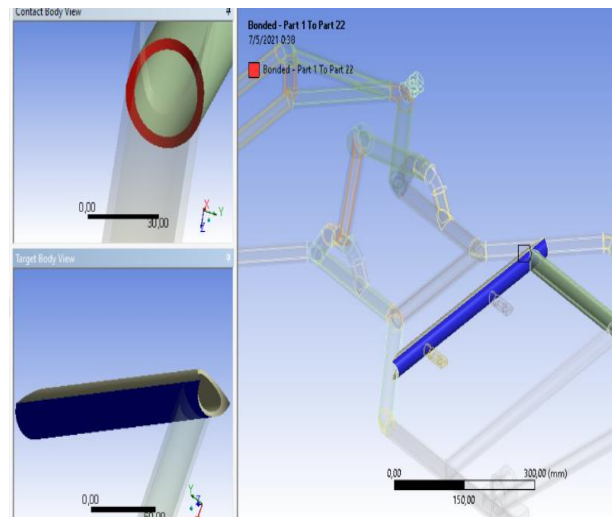
Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Density	7850	kg m <sup>-3</sup>
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C <sup>-1</sup>
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and...	
Young's Modulus	2E+11	Pa
Poisson's Ratio	0,3	
Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa
Shear Modulus	7,6923E+10	Pa
Strain-Life Parameters		
S-N Curve	Tabular	
Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa
Compressive Yield Strength	1,52E+08	Pa
Tensile Ultimate Strength	4,5E+08	Pa
Compressive Ultimate Strength	0	Pa
Isotropic Thermal Conductivity	60,5	W m <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Specific Heat, C <sub>p</sub>	434	J kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Isotropic Relative Permeability	10000	
Isotropic Resistivity	1,7E-07	ohm m

**Figura 29** Asignación de Acero estructural ASTM A36  
Ansys AIM 19.2 (2021).

### 3.4.4 CONEXIONES

Es importante definir las conexiones del modelo a simular. Las conexiones se crean automáticamente por la geometría importada de SolidWorks, sin embargo, se debe verificar y corregir cada una de ellas tomando en cuenta que ciertas partes de la estructura son soldadas. En este proceso se utilizaron conexiones de tipo independiente del estado de la soldadura del modelo físico. Aproximadamente existe entre 50 a 65 conexiones en cada uno de los modelos, mismas que fueron verificadas en el programa. Se utilizó la herramienta de topologías virtuales para facilitar las conexiones y mallado del elemento.



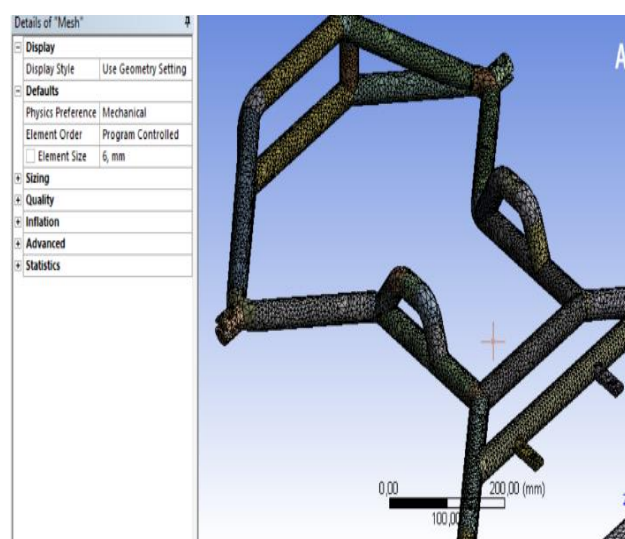


**Figura 30** Verificación de la estructura importada Ansys AIM 19.2 (2021).

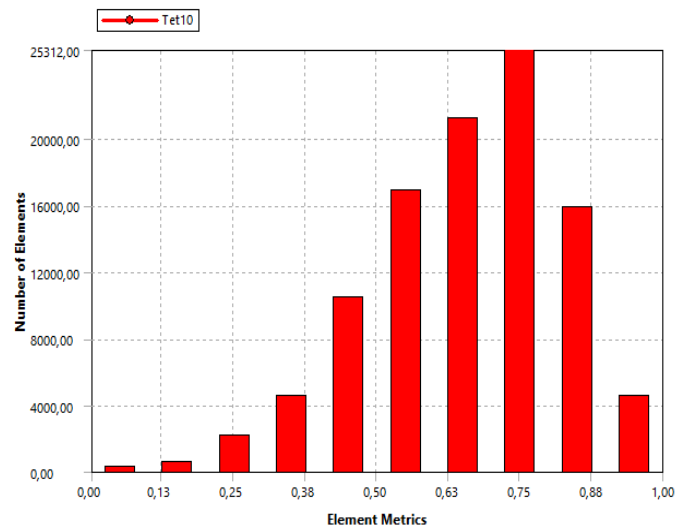
### 3.4.5 MALLADO

Se utilizó un mallado de un espesor de 6mm de elementos tetraédricos, refinado automático en la estructura de los 3 modelos, debido a las dimensiones de la geometría el mallado podría mejorar, no obstante, una malla más densa necesita más recursos computacionales lo cual demora el proceso de simulación.

En base a que el proyecto busca seleccionar el mejor diseño para la construcción del Go-kart, se analizan las estructuras para determinar cuál se adapta mejor a las fuerzas insertadas.

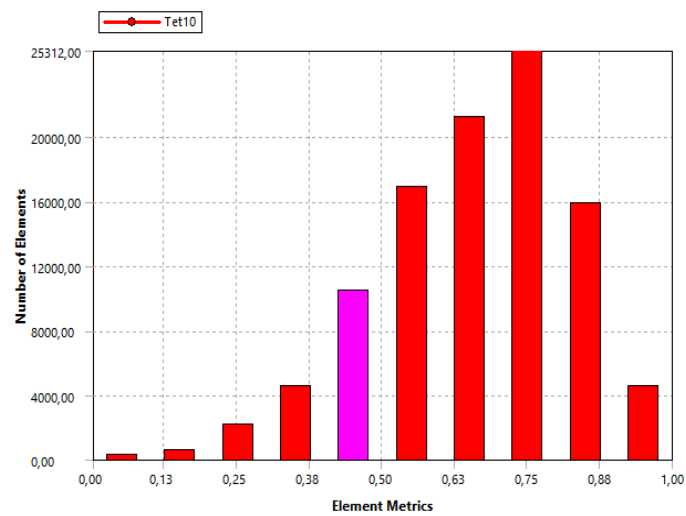


**Figura 31** Aplicación de la malla Ansys AIM 19.2 (2021).

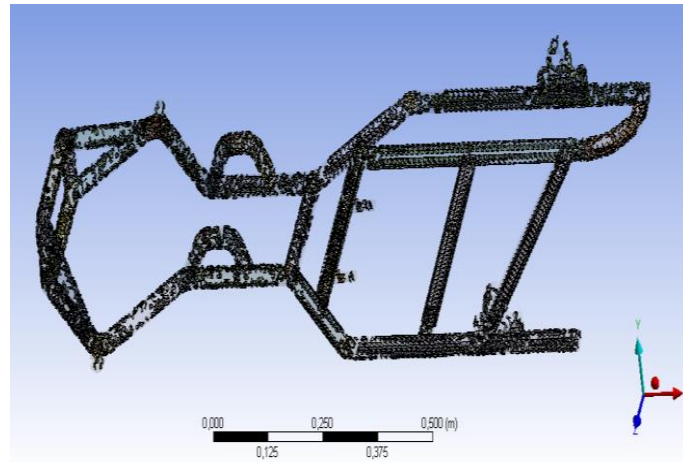


**Figura 32** Aplicación de la malla tetraédrica de 6mm  
Ansys AIM 19.2 (2021)

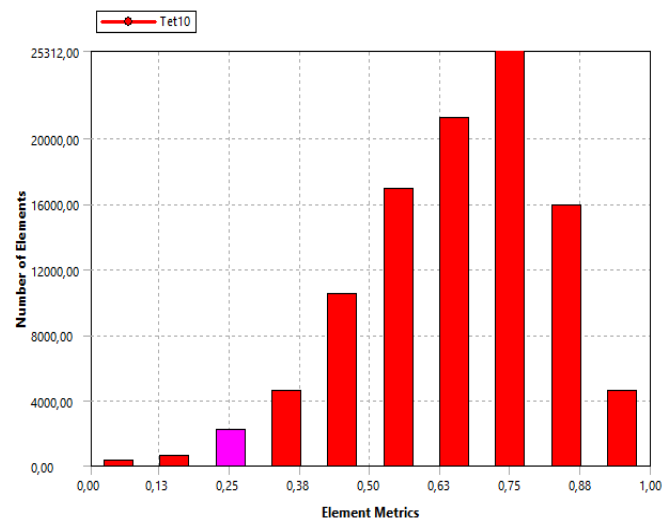
En la figura 32 muestra cuantos elementos de mallas se va a obtener en diez diferentes zonas métricas de elementos. Se puede revisar cada una de las zonas para analizar la calidad del elemento estudiado. Por ejemplo si se selecciona la barra de calidad entre 0.38 y 0.50 se obtiene la figura 34:



**Figura 33** Calidad del mallado entre 0.38 y 0.50  
Ansys AIM 19.2 (2021)



**Figura 34** Calidad del mallado para la simulación Ansys AIM 19.2 (2021)



**Figura 35** Calidad del mallado de 0.25 Ansys AIM 19.2 (2021)

Por otra parte, cabe recalcar que la gráfica de la calidad de malla se puede controlar los rangos de cada eje para un mejor análisis por secciones y calidad de mallado.

Y-Axis Option:

Number of Bars:

Range

	Min	Max	
X-Axis	<input type="text" value="0.003351"/>	<input type="text" value="0.999981"/>	<input type="button" value="Reset"/>
Y-Axis	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="25312"/>	<input type="button" value="Reset"/>

Tet10    Tet4  
 Hex20    Hex8  
 Wed15    Wed6  
 Pyr13    Pyr5

Quad8    Quad4  
 Tri6    Tri3

**Figura 36** Análisis por control de rangos  
Ansys AIM 19.2 (2021)

### 3.4.6 ANÁLISIS DE CARGAS

Se realizó un análisis estático realizando 6 simulaciones en los diferentes modelos a diferentes cargas, basándose en la norma técnica ecuatoriana INEN 1323 del año 2009, se ejecuta mediante el método LRFD que es el diseño del factor de resistencia de carga. (NTE INEN 1323, 2009)

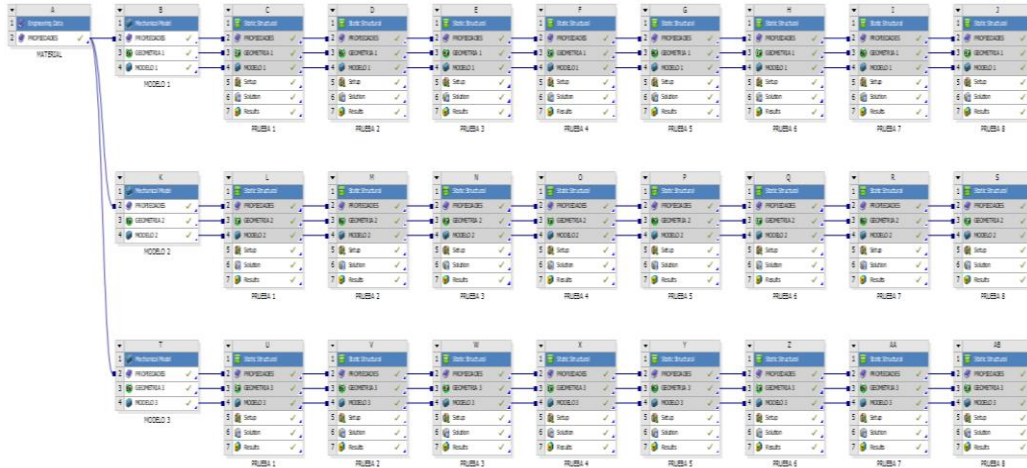
**Tabla 10** Procesos de simulación

PRUEBAS DE SIMULACIÓN	
#	Combinación
Prueba 1	1,4M+V
Prueba 2	1,2M+1,6V+0,5G
Prueba 3	1,2M+0,5V+1,6G
Prueba 4	1,2M+0,5v+0,5F+1,3Raf
Prueba 5	1,2M+1,5Ab+0,5V
Prueba 6	0,9M-1,3Raf
Prueba 7	1,2M+1,6F+0,8Raf
Prueba 8	0,9M+1,3Raf

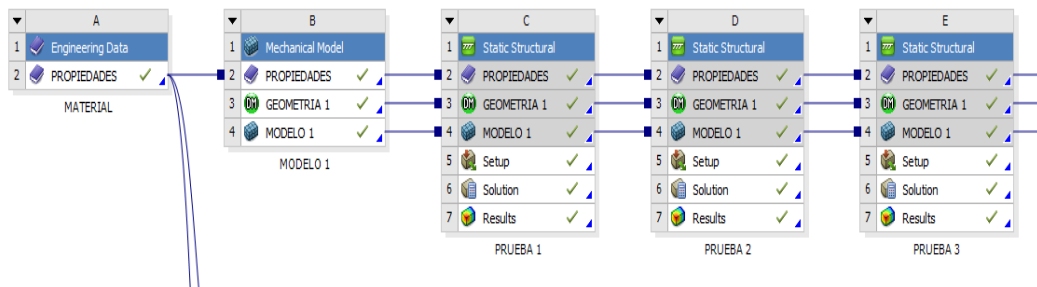
Fuente:(INEN 1323,2009)

Las 6 pruebas son una combinación de las diferentes cargas que va a tener el go-kart cuando ya se encuentre en funcionamiento.

Se trabajó con un modelo de material y tres modelos distintos de geometría cada uno enlazado a seis pruebas diferentes, como se muestra en la tabla 11.



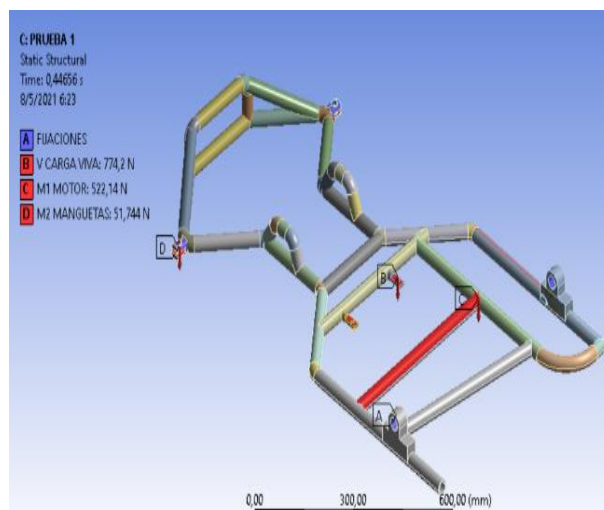
**Figura 37** Simulación de cargas  
Ansys AIM 19.2



**Figura 38** Pruebas de simulación  
Ansys AIM 19.2

### 3.4.7 CONDICIONES DE BORDE

Para este tipo de análisis es importante dos condiciones: las cargas y las restricciones de movimiento para el análisis estático. En la Figura 26 se muestran las distintas etapas en el proceso de simulación y en la Figura 39 las condiciones de borde para proceder a aplicar las fuerzas en la estructura del chasis.



**Figura 39** Fuerzas aplicadas en el diseño  
Ansys AIM 19.2 (2021)

### 3.4.8 SIMULACIÓN

Las fuerzas vienen determinadas según la información mostrada en la Tabla 12. Cabe recalcar que para cada simulación son diferentes. En base a sus valores originales:

**Tabla 11** Datos de cargas

Datos de cargas			
Tipo	Descripción	Variable	Valor
Estáticas	Carga viva	V	774,2
	Carga Muerta	M	576,24
Dinámicas	Carga de Frenado	F	235,2
	Carga de giro	G	246,07
	Resistencia aerodinámica	Ra	48,38
	Aceleración brusca	Ab	-235,2

Fuente: (INEN 1323,2009)

M1	435,12
M2	43,12

**Tabla 12** Cargas para la simulación

<b>FUERZAS PARA LA SIMULACIÓN</b>								
	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>	<b>Prueba 4</b>	<b>Prueba 5</b>	<b>Prueba 6</b>	<b>Prueba 7</b>	<b>Prueba 8</b>
M1	522,144	522,144	522,144	522,144	522,144	391,608	522,144	391,608
M2	51,744	51,744	51,744	51,744	51,744	38,808	51,744	38,808
V	774,2	1238,72	387,1	387,1	387,1			
F				117,6			376,32	
G		123,035	393,712					
Raf				62,894		-62,894	38,704	62,894
Ab				-	-352,8	-		
<b>TOTAL</b>	<b>1348,09</b>	<b>1935,64</b>	<b>1354,70</b>	<b>1141,48</b>	<b>960,99</b>	<b>367,52</b>	<b>988,91</b>	<b>493,31</b>

Fuente: (INEN 1323,2009)

En las tablas 14, 15 y 16 se muestran los resultados de **Deformación, tensión y factor de seguridad**. Los valores de deformación vienen dados en milímetros, la tensión en MPa y el factor de seguridad es un parámetro adimensional. Se ha encontrado que para todas las simulaciones se tienen factores de seguridad en el rango 3 a 15.

**MODELO 1****Tabla 13** Simulación modelo 1

	<b>Combinación</b>	<b>Deformación máxima</b>	<b>Tensión máxima</b>	<b>Factor de seguridad mínimo</b>
<b>Simulación 1</b>	<i>1,4M+V</i>	0.32696	35.534	5.7692
<b>Simulación 2</b>	<i>1,2M+1,6V+0,5G</i>	0.48138	43.64	4.6976
<b>Simulación 3</b>	<i>1,2M+0,5V+1,6G</i>	0.21285	29.203	7.0198
<b>Simulación 4</b>	<i>1,2M+0,5v+0,5F+1,3Raf</i>	0.21218	29.366	6.9808
<b>Simulación 5</b>	<i>1,2M+1,5Ab+0,5V</i>	0.21389	29.213	7.0175
<b>Simulación 6</b>	<i>0,9M-1,3Raf</i>	0.10899	17.104	11.986
<b>Simulación 7</b>	<i>1,2M+1,6F+0,8raf</i>	0,14318	22,953	8,9313
<b>Simulación 8</b>	<i>0,9M+1,3Raf</i>	0,10834	17,146	11,956

Fuente: Fuente propia

**MODELO 2****Tabla 14** Simulación modelo 2

	<b>Combinación</b>	<b>Deformación máxima</b>	<b>Tensión máxima</b>	<b>Factor de seguridad mínimo</b>
<b>Simulación 1</b>	<i>1,4M+V</i>	0.46082	43.091	4.7574
<b>Simulación 2</b>	<i>1,2M+1,6V+0,5G</i>	0.70283	61.396	3.339
<b>Simulación 3</b>	<i>1,2M+0,5V+1,6G</i>	0.27368	32.678	6.2733
<b>Simulación 4</b>	<i>1,2M+0,5v+0,5F+1,3Raf</i>	0.27256	32.557	6.2966
<b>Simulación 5</b>	<i>1,2M+1,5Ab+0,5V</i>	0.26938	32.111	6.384
<b>Simulación 6</b>	<i>0,9M-1,3Raf</i>	0.0971	16.361	12.53
<b>Simulación 7</b>	<i>1,2M+1,6F+0,8raf</i>	0,12995	22,276	9,2029
<b>Simulación 8</b>	<i>0,9M+1,3Raf</i>	0.0972	16,499	12,425

Fuente: Fuente propia

**MODELO 3****Tabla 15** Simulación modelo 3

	<b>Combinación</b>	<b>Deformación máxima</b>	<b>Tensión máxima</b>	<b>Factor de seguridad mínimo</b>
<b>Simulación 1</b>	<i>1,4M+V</i>	0.37918	32.911	7.5963
<b>Simulación 2</b>	<i>1,2M+1,6V+0,5G</i>	0.54803	49.811	5.019
<b>Simulación 3</b>	<i>1,2M+0,5V+1,6G</i>	0.24559	25.023	9.9907
<b>Simulación 4</b>	<i>1,2M+0,5v+0,5F+1,3Raf</i>	0.24365	25.597	9.7668
<b>Simulación 5</b>	<i>1,2M+1,5Ab+0,5V</i>	0.2418	25.301	9.8809
<b>Simulación 6</b>	<i>0,9M-1,3Raf</i>	0.10227	13.701	15
<b>Simulación 7</b>	<i>1,2M+1,6F+0,8raf</i>	0,13832	18,539	13,485
<b>Simulación 8</b>	<i>0,9M+1,3Raf</i>	0,10285	13,779	15

Fuente: Fuente propia



Según Cevallos y Garcés se aplicó una carga muerta de 573,9(N), una carga viva de 774,2 (N) y una carga de giro de 246,07 (N). Se obtuvo como resultados de la simulación un valor promedio en la Tensión Máxima de 16,05 MPa, un desplazamiento de 1,92mm y un factor de seguridad de 3,4. Con los valores obtenidos se comprueba que la estructura es capaz de funcionar sin presentar fallas en condiciones extremas (Cevallos & Garcés, 2018)

**Tabla 16** Resultados de referencia

	<b>Combinación</b>	<b>Deformación máxima</b>	<b>Tensión máxima</b>	<b>Factor de seguridad mínimo</b>
<b>Simulación 1</b>	<i>1,4M+V</i>	1.307	12.7	3
<b>Simulación 2</b>	<i>1,2M+1,6V+0,5G</i>	1.74	15.6	2.2
<b>Simulación 3</b>	<i>1,2M+0,5V+1,6G</i>	1.92	16.05	3.4
<b>Simulación 4</b>	<i>1,2M+0,5v+0,5F+1,3Raf</i>	0.884	14.6	3.9
<b>Simulación 5</b>	<i>1,2M+1,5Ab+0,5V</i>	0.854	9.52	4
<b>Simulación 6</b>	<i>0,9M-1,3Raf</i>	0.439	8.77	6.7
<b>Simulación 7</b>	<i>1,2M+1,6F+0,8raf</i>	1.92	12.1	4.8
<b>Simulación 8</b>	<i>0,9M+1,3Raf</i>	0.434	8.785	6.9

*Fuente:* (Cevallos & Garcés, 2018)

Según Flores y Gamboa se utilizó en el proceso de simulación una carga muerta de 1421 (N), una carga viva de 735 (N), una carga de giro de 246,5 (N) y una carga de resistencia al aire frontal de 217,34 (N) obteniendo los resultados en una Tensión Máxima de 11,80MPa, una deformación de 1,58mm y un factor de seguridad de 1,16 (Flores & Gamboa, 2014).

Combinaciones

(1.2 CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf.) Simulación 4

(1.2CM + 1.6CV + 0.5CG) Simulación 2

Según (Carrión, 2019) en el proceso de colocación de cargas para la simulación, se aplicó una carga viva de 735,75 (N), una carga muerta de 157,94 (N), una carga de frenado de 450 (N) y una carga de giro de 630 (N). Se obtuvieron valores de una Tensión Máxima de 103MPa, una deformación de 0,558mm y un factor de seguridad de 2,44.

### Combinación

El chasis es sometido a un caso de carga crítica como es el frenado brusco y carga lateral de curva rápida.

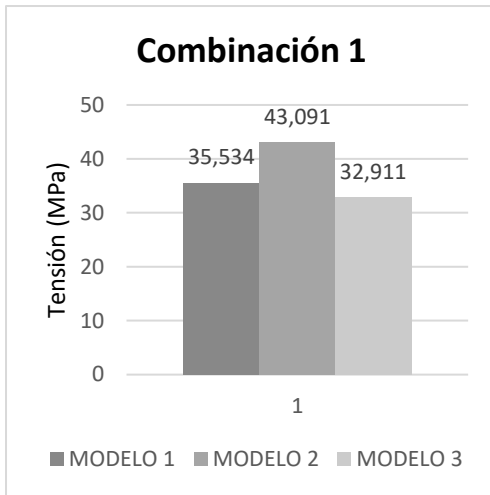
**Tabla 17** Resultados publicados en la literatura especializada

Tipo de estudio	Tensión Máxima	Deformación Máxima	Factor de seguridad	Autores
Experimental	16,05	1,92	3,4	- CEVALLOS MIÑO JUAN FRANCISCO -GARCÉS ESPINOZA CRISTIAN OMAR
Numérico	11,80	1,58	1,16	-FLORES YASIG EDISON OMAR -GAMBOA EUGENIO MARCOS EDUARDO
Numérico	103	0,558	2,44	-CARRIÓN SALAZAR MARCO ALEJANDRO

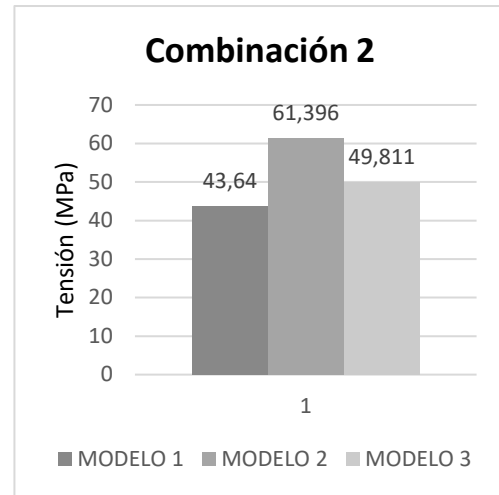
**Fuente:** Fuente Propia

### 3.5 ANÁLISIS DE TENSIONES

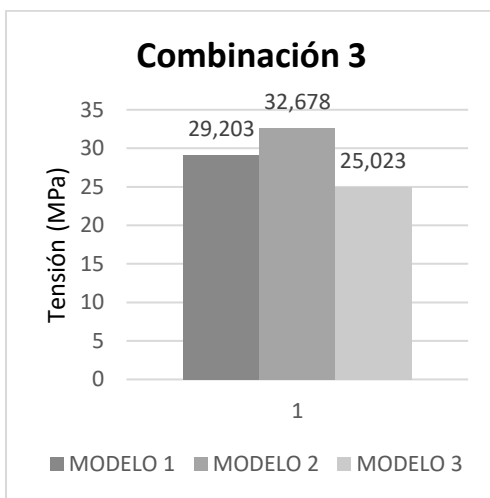
En esta sección se muestran los resultados de las tensiones obtenidas en el proceso de simulación aplicando la norma INEN 1323. El detalle sobre las combinaciones de cargas usadas en las simulaciones se presenta en la Sección 3.4.8.



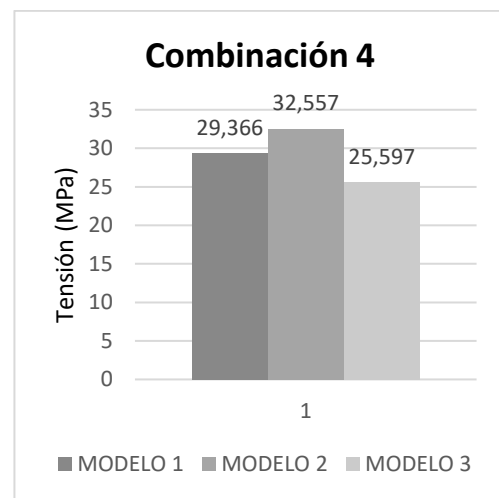
(a)



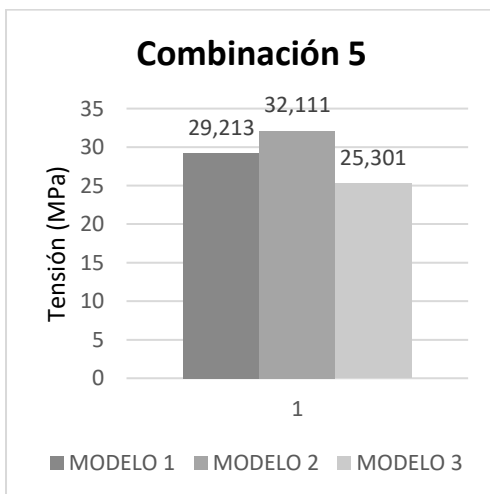
(b)



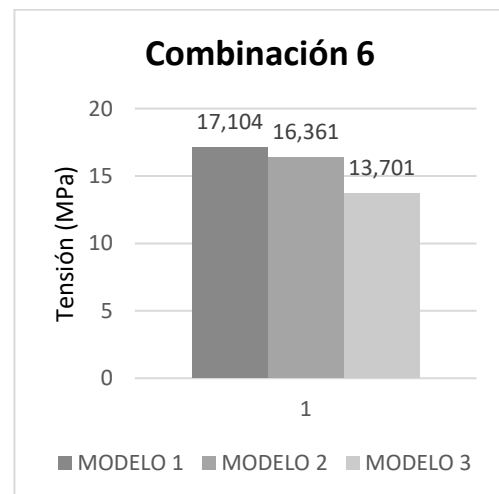
(c)



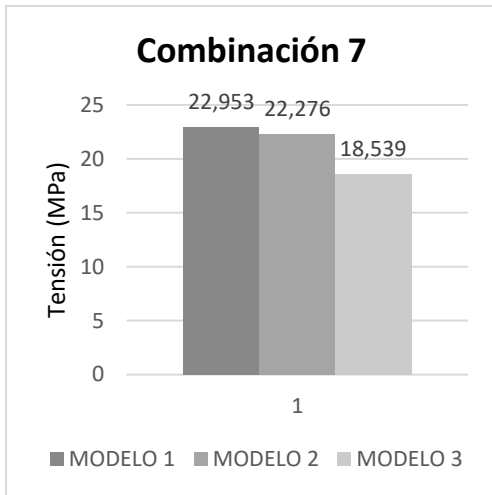
(d)



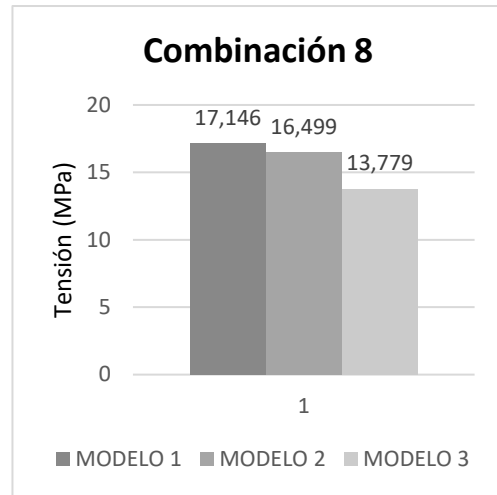
(e)



(f)



(g)

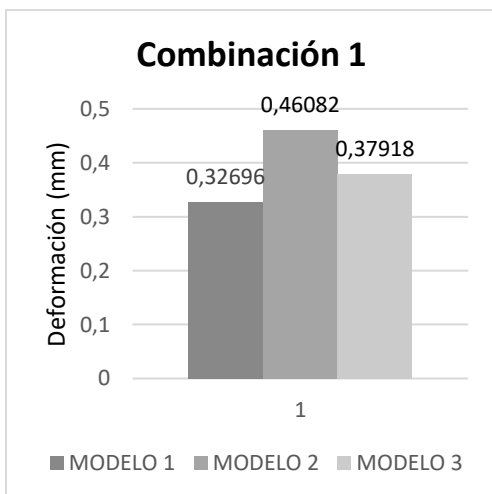


(h)

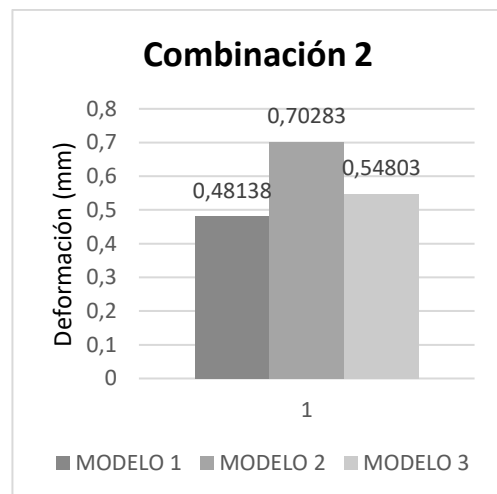
**Figura 40** Resultados de tensiones obtenidas de simulaciones numéricas aplicando el método LRFD  
Fuente Propia

### 3.6 ANÁLISIS DE DEFORMACIONES

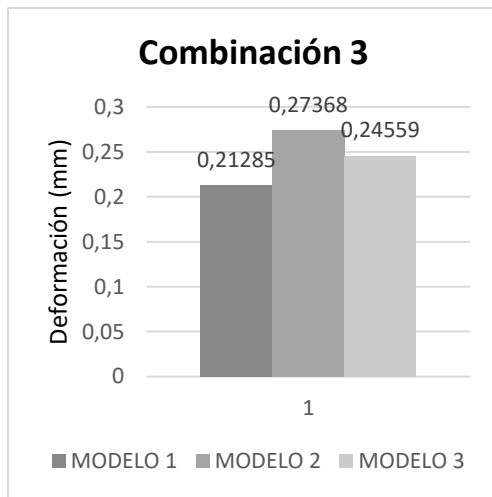
Se presentan los resultados de deformación obtenidas mediante simulaciones numéricas. El detalle sobre las combinaciones de cargas usadas en las simulaciones se presenta en la Sección 3.4.8.



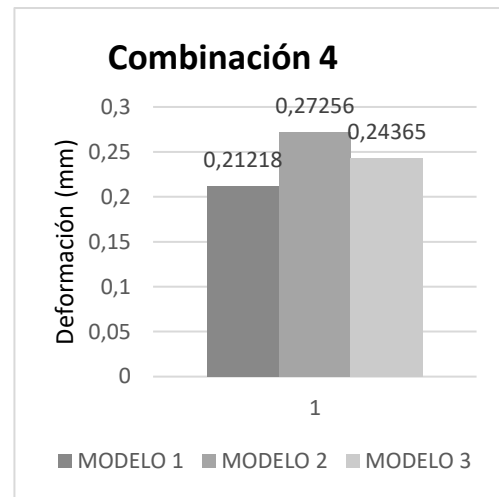
(a)



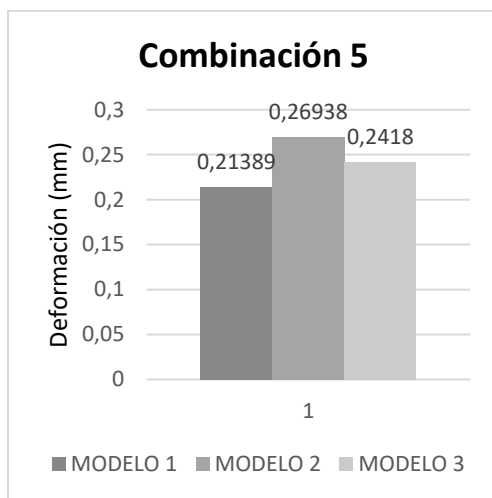
(b)



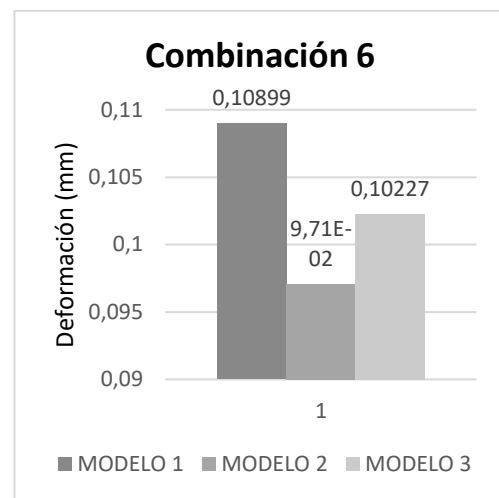
(c)



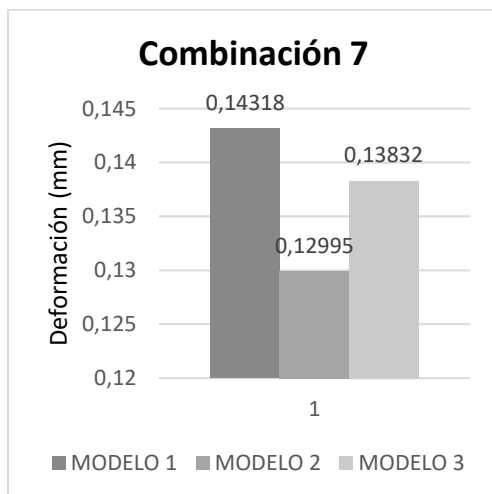
(d)



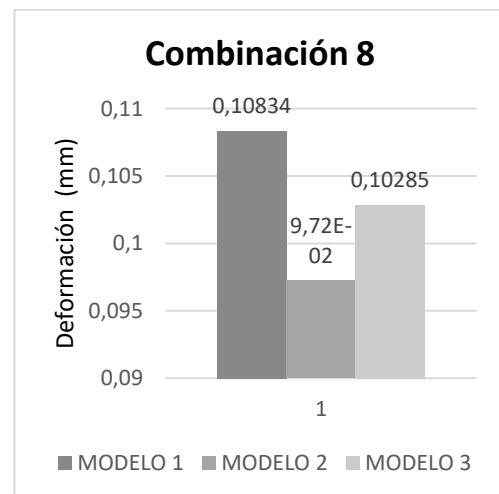
(e)



(f)



(g)



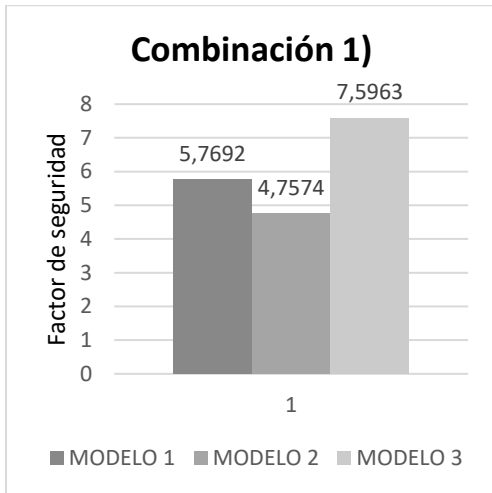
(h)

**Figura 41** Resultados de deformaciones obtenidas de simulaciones numéricas aplicando el método LRFD

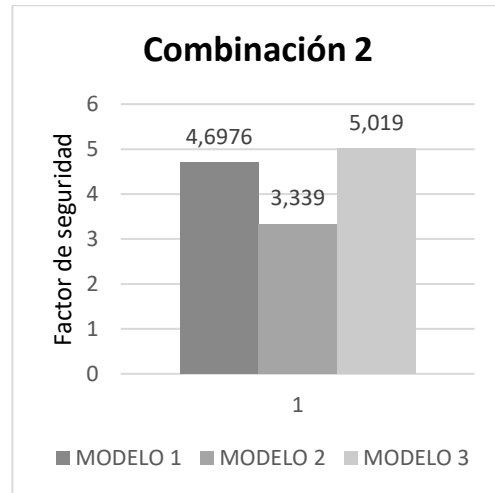
Fuente Propia

### 3.7 ANÁLISIS DE FACTOR DE SEGURIDAD

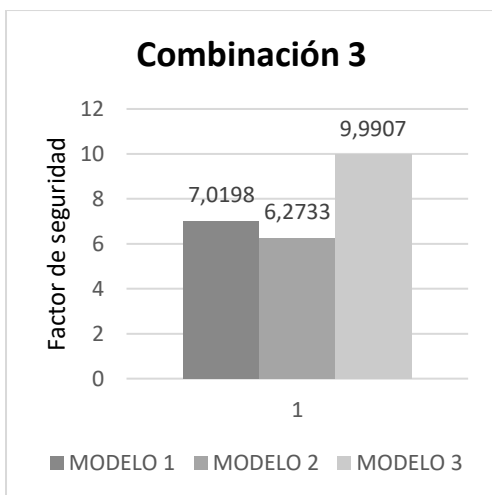
Parámetro que compara las tensiones máximas obtenidas según la aplicación de cargas normadas, con la resistencia del material de la estructura. El detalle sobre las combinaciones de cargas usadas en las simulaciones se presenta en la Sección 3.4.8.



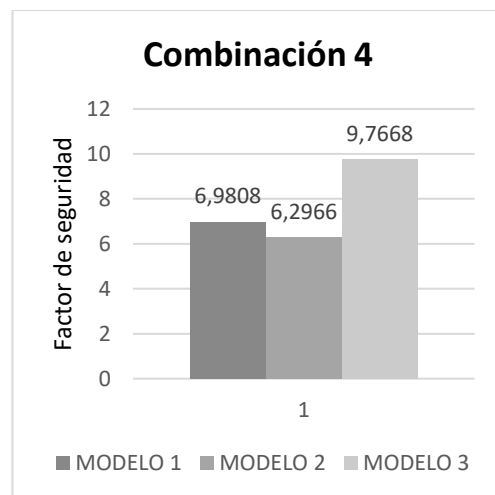
(a)



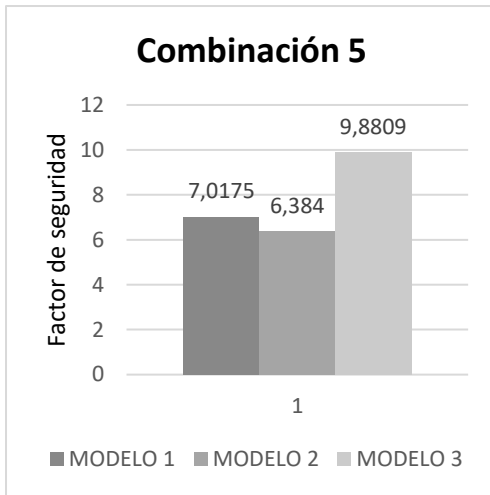
(b)



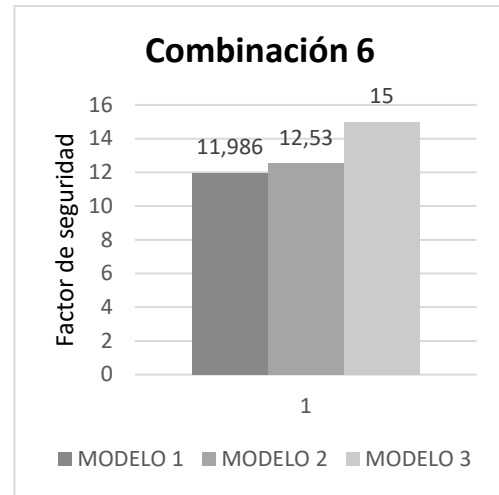
(c)



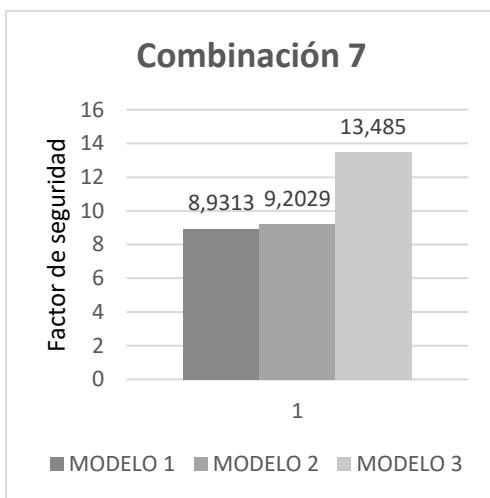
(d)



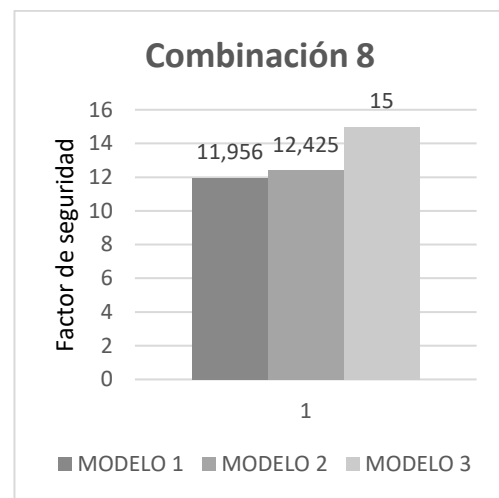
(e)



(f)



(g)

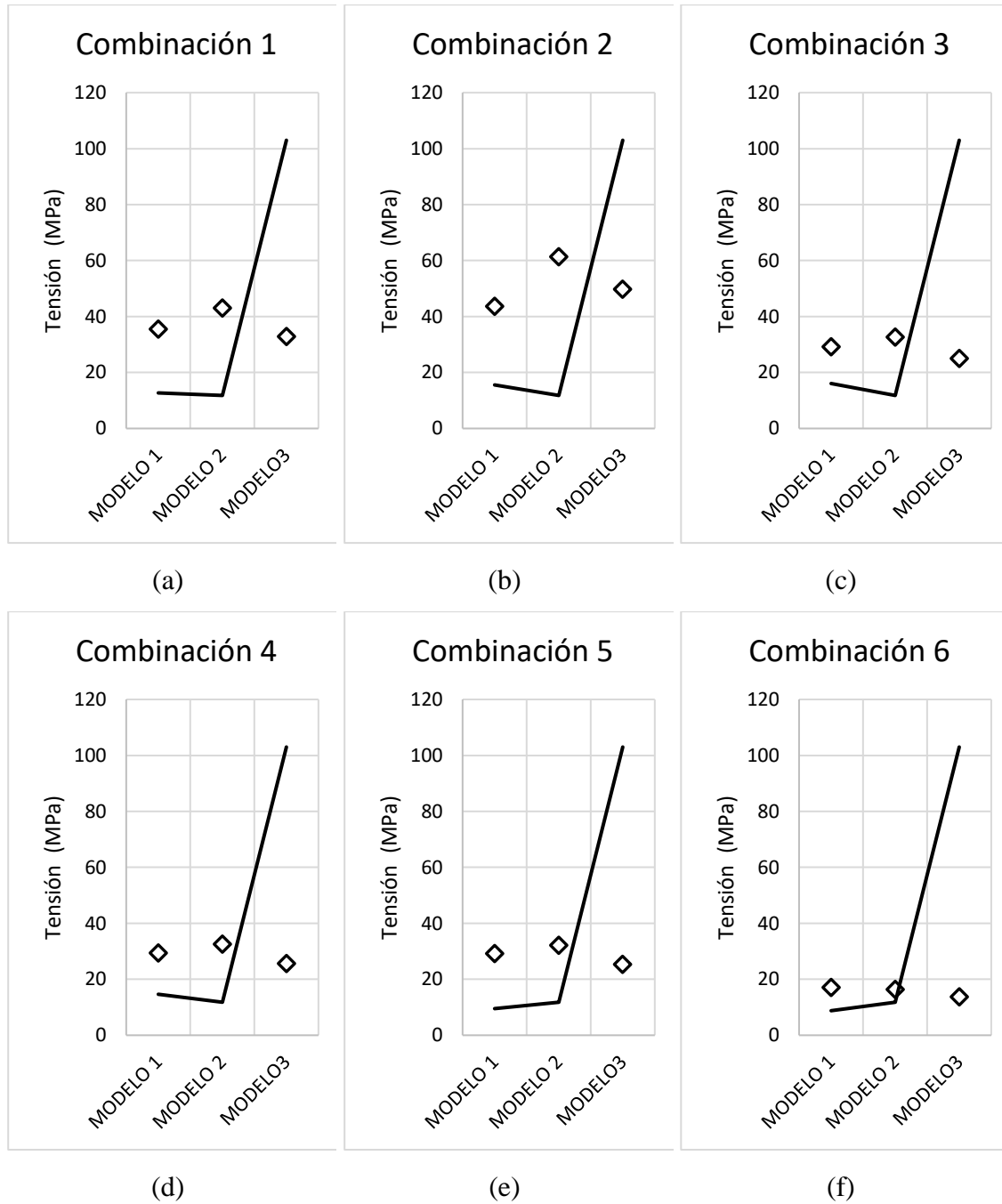


(h)

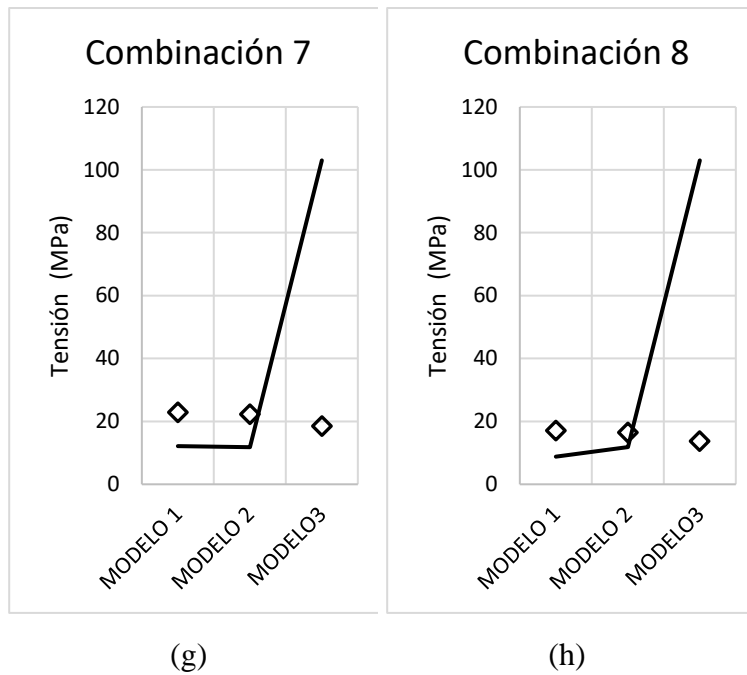
**Figura 42** Resultados de factores de seguridad obtenidas de simulaciones numéricas aplicando el método LRFD  
Fuente Propia

### 3.8 SIMULACIONES DE TENSIÓN MÁXIMA

Se realizó una comparación de los valores anteriormente calculados de las Tablas 14 a 17. Obteniendo como resultados que la tensión de los modelos 1,2 y 3 se encuentra dentro de los rangos de funcionamiento publicados en la literatura especializada.



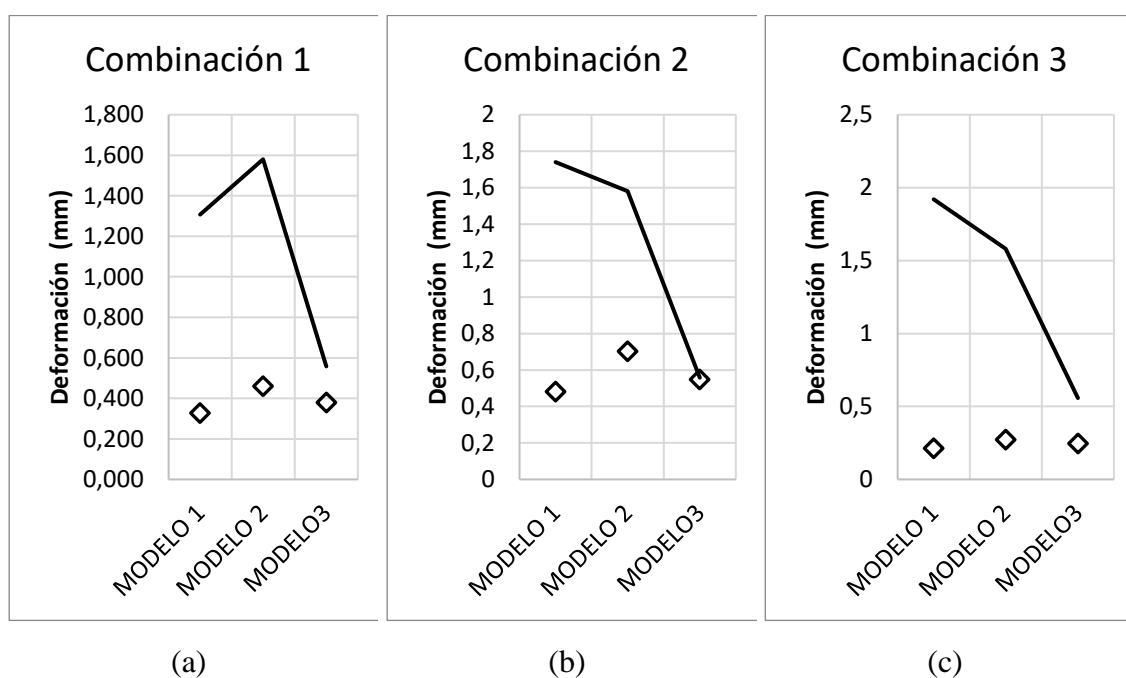


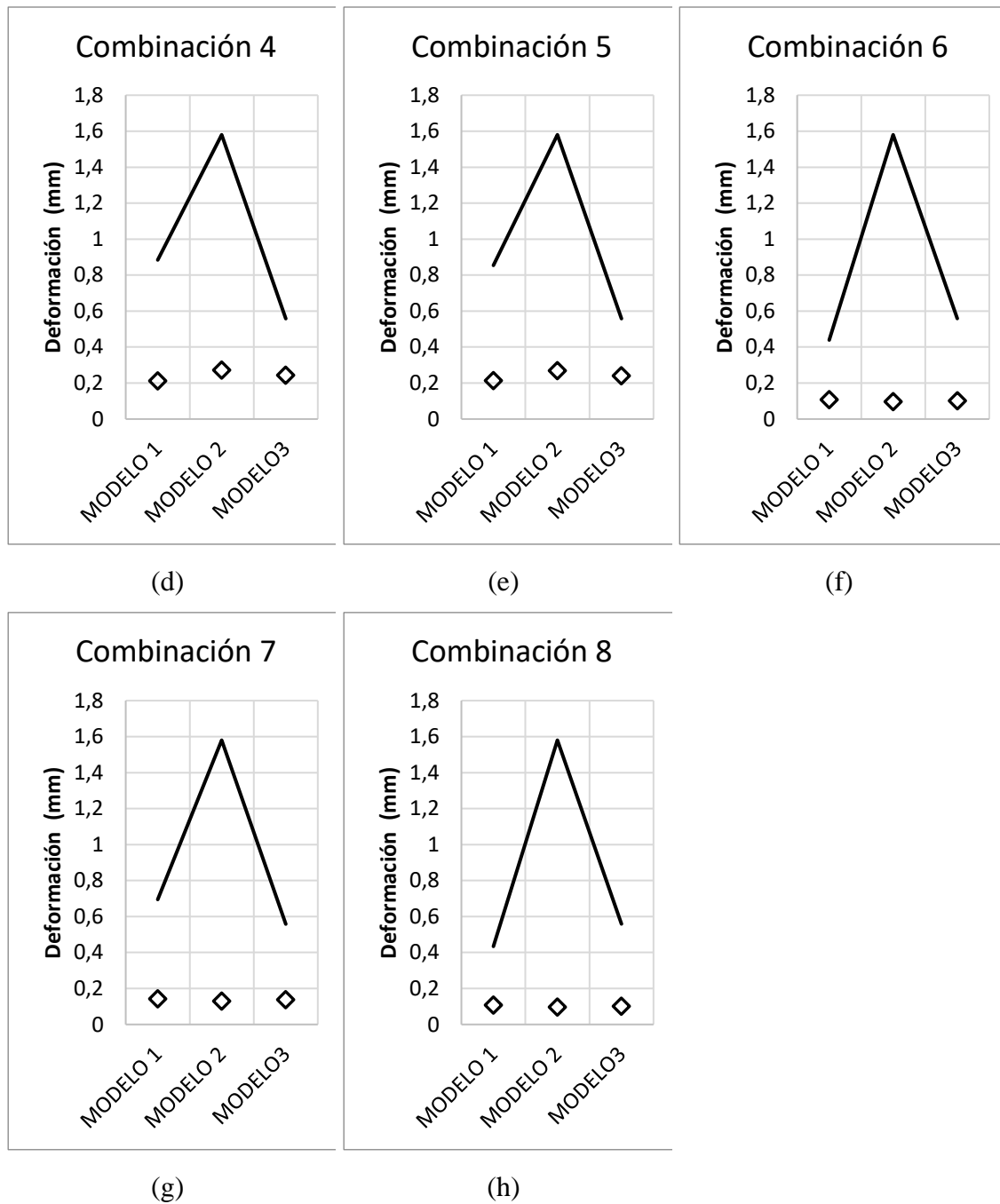


**Figura 43** Comparación de tensiones máximas (puntos: simulaciones, líneas: información publicada)  
Fuente propia

### 3.9 SIMULACIONES DE DEFORMACIÓN MÁXIMA

Se realizó una comparación de los valores anteriormente calculados de las Tablas 14 a 17. Obteniendo como resultados que la deformación máxima de los modelos 1, 2 y 3 sin presentar ninguna variación de la forma de la estructura ya que sus valores son mínimos.



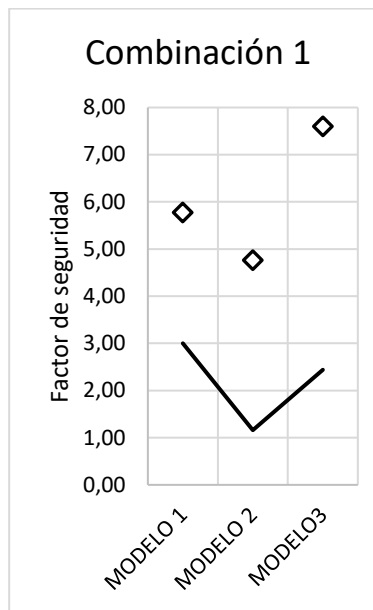


**Figura 44** Comparación de deformaciones máximas (puntos: simulaciones, líneas: información publicada)

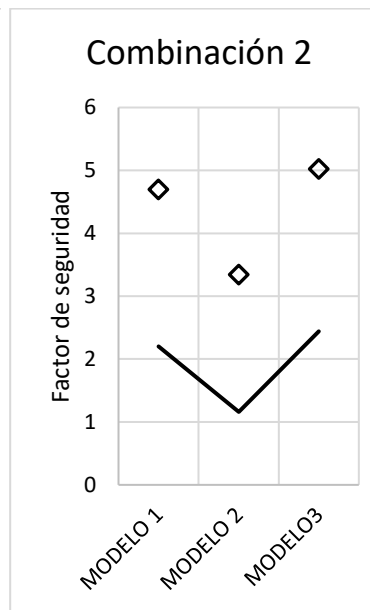
Fuente Propia

### 3.10 SIMULACIONES DEL FACTOR DE SEGURIDAD MÍNIMO

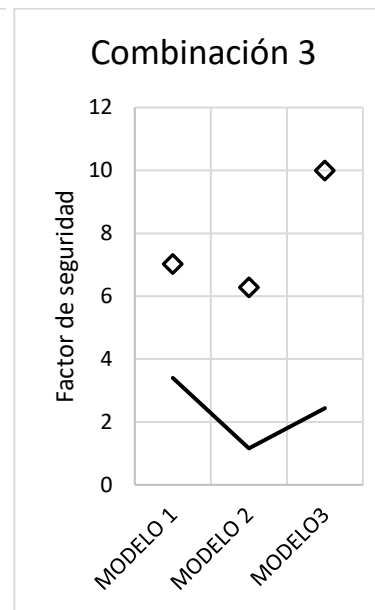
Se realizó una comparación de los valores anteriormente calculados de las Tablas 14 a 17. Obteniendo como resultados que la estructura no presentara falla de material en el funcionamiento de los modelos 1,2 y 3, garantizando la seguridad al ocupante bajo condiciones normales de conducción.



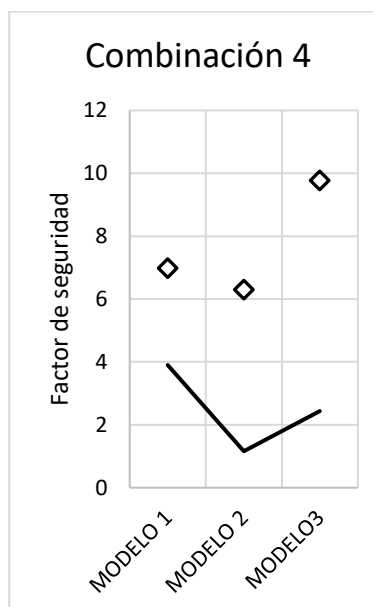
(a)



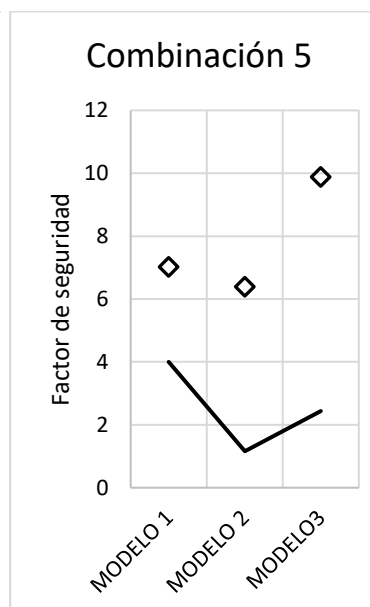
(b)



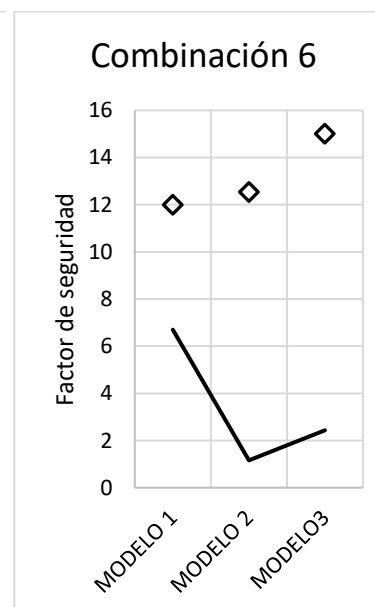
(c)



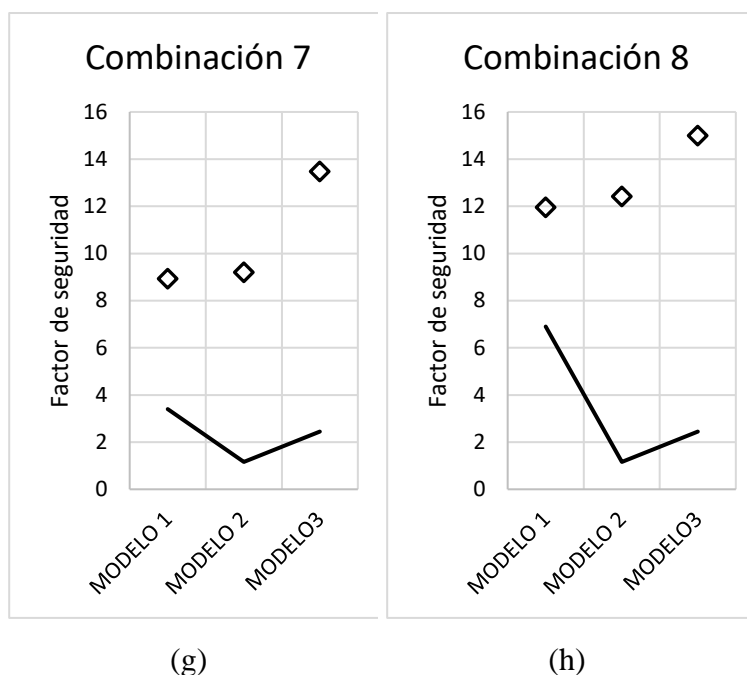
(d)



(e)



(f)



**Figura 45** Comparación de factor de seguridad (puntos: simulaciones, líneas: información publicada)

Fuente Propia

### 3.11 EXPLICACIÓN DE COMPARACIÓN

En las Figuras 40 a la 42 se muestran resultados obtenidos a partir de simulaciones numéricas del comportamiento mecánico de tres diseños estructurales de chasis para go-kart. Estas tres opciones de diseño han sido propuestas para el presente trabajo. Con base en los resultados de tensión máxima, deformación mínima y factor de seguridad se ha seleccionado el Diseño 3 mostrado en la Figura 25 para desarrollar el modelo definitivo.

En la tesis de (Cevallos & Garcés, 2018) se muestran ocho simulaciones bajo norma, de donde se obtienen factores de seguridad aceptables. En base a estos resultados se realizó la construcción de un vehículo tipo go-kart con resultados funcionales positivos. Caso similar presenta (Flores & Gamboa, 2014) pero con tres simulaciones numéricas. (Carrión, 2019) muestra la construcción de un gokart funcional con base en simulaciones estructurales bajo la aplicación de cargas estáticas estimadas analíticamente. En el presente trabajo se realizaron ocho simulaciones bajo norma (NTE INEN 1323, 2009) en las cuales se mejoran los resultados de tensiones y deformaciones máximas tal como se muestra en las Figuras 43 y 44. En cuanto al factor de seguridad, en la Figura 45 se observa también una mejora significativa respecto de los resultados de referencia. Los resultados positivos en cuanto al comportamiento estructural observado en los procesos

de simulación de esta tesis se explican por la combinación entre el diseño estructural realizado en este trabajo y la selección de materiales. Estos resultados también han sido validados por comparación con resultados experimentales de (Cevallos & Garcés, 2018).

### **3.12 VENTAJA DEL MODELO 3**

El chasis elegido para la construcción del go-kart es el modelo 3 ya que la deformación presentada y la tensión que soporta son mínimas. Esta opción brinda un coeficiente de seguridad más alto comparado con los otros diseños, lo que sugiere que el vehículo trabajará de forma óptima sin presentar fallo de material bajo condiciones normales de conducción.

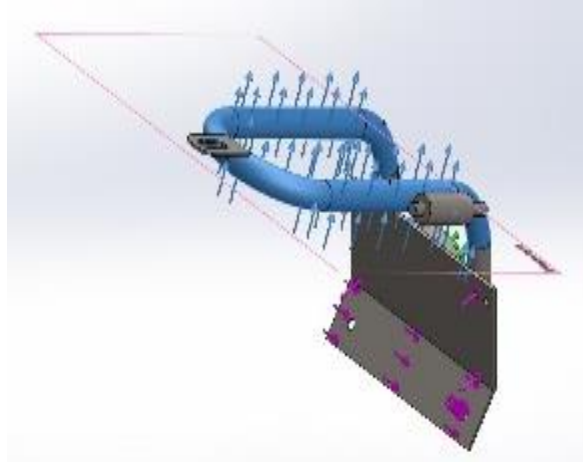
El diseño 3 está enfocado en brindar mayor comodidad y seguridad al presentar un apoyo de piernas que permitirá al conductor fijar sus extremidades inferiores mediante un sistema de cintas velcro. Este diseño también presenta un asiento giratorio adaptable y un volante desmontable con el fin de que el ocupante pueda ingresar en el go-kart de manera más sencilla y con ayuda mínima.

Los mandos utilizados en este modelo van a ser accionados mecánicamente e hidráulicamente. Mecánicamente el sistema de aceleración ya que se ha estimado que no demanda de fuerza excesiva por parte del conductor. Por otro lado, para efectuar la fuerza de frenado se utiliza un mando hidráulico que reduce la fuerza necesaria, ejercida por el ocupante. Dentro del sistema lleva una bomba que ayuda a reducir el esfuerzo físico del conductor, aumentando la presión en el sistema para así lograr de forma más eficiente la conversión de energía cinética del vehículo en energía térmica en el sistema de frenos.

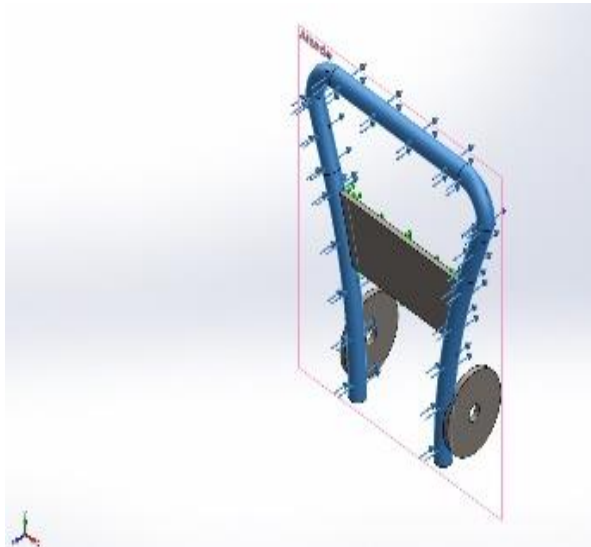
#### **3.12.1 SIMULACIÓN DE LOS SISTEMAS:**

En esta Sección se muestran los resultados de las simulaciones a las que han sido sometidos distintos sistemas auxiliares en el vehículo. De este modo se analiza el comportamiento mecánico bajo cargas de estos sistemas. Así, se tiene la simulación del sistema base del asiento, que es fundamental para la seguridad del conductor. También está la simulación de funcionamiento del sistema de palancas de aceleración y frenado. Finalmente se tiene la simulación bajo carga de los ejes delantero, posterior y mangueta. Las Figuras 46 a 50 muestran las muestras gráficas de estas simulaciones. Los resultados

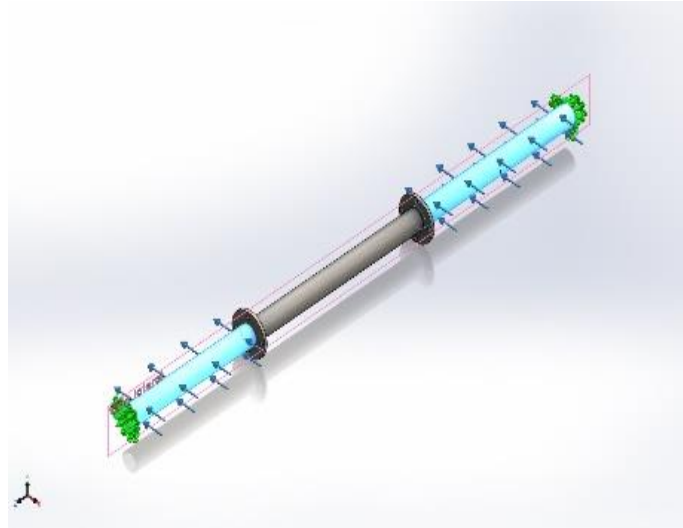
obtenidos en estas simulaciones se muestran en la Tabla 19 y aseguran el correcto funcionamiento sin falla de material bajo cargas de trabajo.



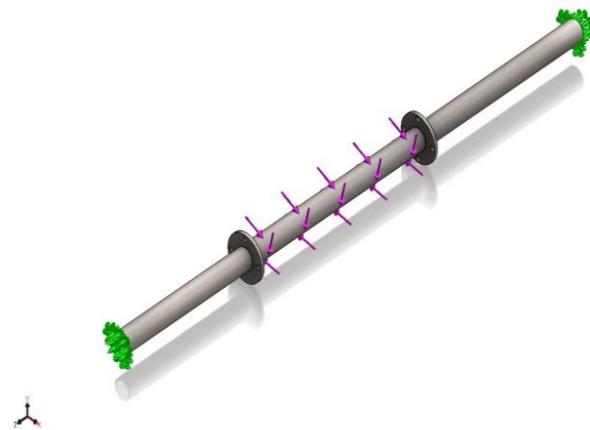
**Figura 46** Simulación Base Asiento  
Fuente Propia



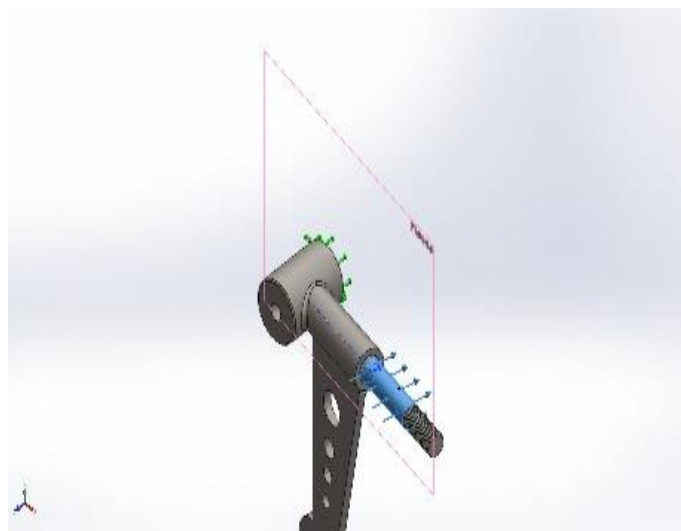
**Figura 47** Simulación Palanca de aceleración y Freno  
Fuente Propia



**Figura 48** Simulación Eje posterior, Fuerza 1  
Fuente Propia



**Figura 49** Simulación Eje Posterior, Fuerza 2  
Fuente Propia



**Figura 50** Simulación Mangueta  
Fuente Propia

**Tabla 18** Simulaciones de sistemas

	<i>Base de asiento</i>	<i>Palanca de acelerador y freno</i>	<i>Eje posterior fuerza 1</i>	<i>Eje posterior fuerza 2</i>	<i>Mangueta</i>
<i>Tensión máxima (N/m<sup>2</sup>)</i>	8.125e+07	1.372e+08	1.855e+07	5.271e+06	7.153e+07
<i>Deformación máxima (mm)</i>	2.273e+00	3.047e-02	1.352e-01	2.610e-02	1.210e-01
<i>Factor de seguridad mínimo</i>	3.077e+00	9.552e+07	1.348e+01	4.743e+01	3.495e+00

Fuente: Fuente Propia

### 3.12.1.1 CONCLUSIONES DE SIMULACIONES DE SISTEMAS

Posteriormente al proceso de simulación de elementos sometidos a fuerza, se comprueba que estos, tienen una gran garantía al momento de ponerse en marcha ya que sus valores de tensiones y deformaciones tienen valores bajos, mientras que el factor de seguridad es mayor a tres superando los límites permitidos en las normativas.



### 3.13 CÁLCULO DEL SISTEMA DE FRENOS

#### 3.13.1 TORQUE DE FRENADO REQUERIDO

$$T = \frac{p \cdot K}{w_2} \quad (7)$$

Dónde:

p: Potencia del motor (4,1 kW= 6,5 Hp=4849 N  $\frac{m}{s}$ )

K: Factor de servicio (1,0)

w<sub>2</sub>: Velocidad angular del eje de transmisión (1800 rpm=188,5  $\frac{rad}{s}$ )

$$T = \frac{4849 \text{ N} \frac{m}{s} \cdot 1,0}{188,5 \frac{rad}{s}}$$

$$T = 25,72Nm$$

#### 3.13.2 PRESIÓN MÁXIMA DE FRENADO

$$Pa = \frac{T}{(\theta_2 - \theta_1) f r_1 (r_o^2 - r_1^2)} \quad (8)$$

Dónde:

T: Torque de frenado (25,72Nm)

$\theta_2$  y  $\theta_1$ : Ángulo de la pinza de freno (150° - 45°)

f: Coeficiente de fricción (0,37)

$r_o - r_1$ : Radio externo e interno del disco de freno (0,11m-0,08m)

$$Pa = \frac{25,72Nm}{(150^\circ - 45^\circ) \left(\frac{\pi}{180^\circ}\right) (0,37)(0,08)(0,11m^2 - 0,08m^2)}$$

$$Pa = 83183,60 Pa$$

### 3.13.3 FUERZA DE FRENADO

$$F = (\theta_2 - \theta_1)Pa \cdot fr_1(r_o - r_1) \quad (9)$$

Dónde:

$\theta_2 - \theta_1$ : Ángulos de la pinza de freno ( $150^\circ - 45^\circ$ )

Pa: Presión máxima de frenado (83183,60Pa)

$r_o - r_1$ : Radio externo e interno del disco de freno (0,11m-0,08m)

$$F = (150^\circ - 45^\circ) \left( \frac{\pi}{180^\circ} \right) (83183,60Pa)(0,37)(0,08)(0,11m - 0,08m)$$

$$F = 135,37N$$

### 3.13.4 TORSIÓN DE FRICCIÓN

$$T = \frac{1}{3} ((\theta_2 - \theta_1)Pa \cdot fr_1(r_o^3 - r_1^3)) \quad (10)$$

Dónde:

$\theta_2 - \theta_1$ : Ángulos de la pinza de freno ( $150^\circ - 45^\circ$ )

Pa: Presión máxima de frenado (83183,60Pa)

fr: Coeficiente de fricción (0,37)

$r_o - r_1$ : Radio externo e interno del disco de freno (0,11m-0,08m)

$$T = \frac{1}{3} ((150^\circ - 45^\circ) \left( \frac{\pi}{180^\circ} \right) (83183,60Pa)(0,37)(0,08)((0,11m)^3 - (0,08m)^3))$$

$$T = 1,23Nm^2$$

**3.13.5 ÁREA DEL CILINDRO**

$$A = \pi \left( \frac{d^2}{4} \right) \quad (11)$$

Dónde:

d: Diámetro del cilindro (0,0279m)

$$A = \pi \left( \frac{(0,0279m)^2}{4} \right)$$

$$A = 0,00061m^2$$

**3.13.6 PRESIÓN HIDRÁULICA DE LOS CILINDROS**

$$P_{hidráulica} = \frac{F}{A} \quad (12)$$

Dónde:

F: Fuerza de frenado (135,37N)

A: Área del cilindro (0,00061m<sup>2</sup>)

$$P_{hidráulica} = \frac{135,37N}{0,00061m^2}$$

$$P_{hidráulica} = 0,222MPa = 221918,033Pa$$

**3.13.7 DISTANCIA DE FRENADO**

$$a = \frac{F}{m} \quad (13)$$

Dónde:

F: Fuerza de frenado (135,37N)

M: Peso total del go-kart ( $70kg_{piloto} + 58,8kg_{carga\ muerta} = 128,8kg$ )

$$a = \frac{135,37N}{128,8kg}$$

$$a = 1,05 \text{ m/s}^2$$

### 3.13.8 TIEMPO DE FRENADO

$$V = V_o - a(t) \quad (14)$$

$$t = \frac{V - V_o}{-a} \quad (15)$$

Dónde:

V: Velocidad final (0 m/s)

Vo: Velocidad inicial (30km/h=8,33 m/s)

a: Aceleración del go-kart (1,05 m/s<sup>2</sup>)

$$t = \frac{-8,33 \text{ m/s}}{-1,05 \text{ m/s}^2}$$

$$t = 7,93s$$

### 3.13.9 DISTANCIA RECORRIDA

$$d = V_o(t) - a\left(\frac{t^2}{2}\right) \quad (16)$$

Dónde:

Vo: Velocidad inicial (30km/h=8,33 m/s)

a: Aceleración del go-kart (1,05 m/s<sup>2</sup>)

t: Tiempo de frenado (7,93s)

$$d = 8,33m/s(7,93s) - (1,05 m/s^2) \left( \frac{(7,93s)^2}{2} \right)$$

$$d = 33,04m$$

### 3.14 CÁLCULO DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

#### 3.14.1 PAR TORSOR QUE SE APLICA EN EL VOLANTE (FUERZA DEL PILOTO)

$$T = N \cdot \mu \cdot d \quad (17)$$

Dónde:

N: Peso sobre el eje delantero

$\mu$ : Coeficiente de rozamiento (0,60 ver tabla 5)

d: Distancia neumático-eje del pivote con el suelo (0,14m)

Carga viva= 686,7N=70 kg

Carga muerta=58,8kg=576,83 N

Peso total del go-kart con piloto=128,8kg=1263,53 N

Anchura de los neumáticos

$$\text{Neumático delantero} = 4,2 = 40\%$$

$$\text{Neumático posterior} = 6,3 = 60\%$$

El peso en el eje delantero es del 40%

$$T = (128,8kg)(0,40) = 51,52kg = 505,41 N$$

$$T = (505,41N)(0,6)(0,4)$$

$$T = 42,45 Nm$$

### 3.14.2 ESFUERZO DE TORSIÓN EN LA BARRA DE DIRECCIÓN

$$\tau_{torsión} = \frac{T}{\frac{\pi}{2} d^3} \quad (18)$$

Dónde:

T: Par torsor del volante (fuerza del piloto 42,45 Nm)

d: Diámetro de la barra de dirección (19,40mm)

$$\tau_{torsión} = \frac{42,45 Nm}{\frac{\pi}{2} 0,0194^3}$$

$$\tau_{torsión} = 3,70 MPa$$

### 3.14.3 FACTOR DE SEGURIDAD

$$n = \frac{Ssy}{\tau_{torsión}} \quad (19)$$

Dónde:

Ssy: Límite de fluencia del acero A36=(250MPa) (0,577) =144,25 MPa

$\tau_{torsión}$ : Esfuerzo de Torsión (3,70 MPa)

$$n = \frac{144,25 MPa}{3,70 MPa}$$

$$n = 38,97$$

Nota: La resistencia real es mayor a la resistencia requerida por lo que el factor de seguridad es mayor que 1.

### 3.14.4 RESISTENCIA A LA PENDIENTE

$$F = m \cdot g \cdot \text{sen } \alpha \quad (20)$$

Dónde:

m: Masa del go-kart más el peso del piloto (128,8kg)

g: Gravedad (9,81m/s<sup>2</sup>)

$\alpha$ : Ángulo de inclinación

**Tabla 19** Resistencia a la pendiente

Ángulo de inclinación	Fuerza (N)
0°	0
5°	110,12
10°	219,41
15°	327,03
20°	432,15
25°	533,99
30°	631,76

**Fuente:** Fuente Propia

$$F_1 = (128,8kg) (9,81 \text{ m/s}^2) (\text{sen } 0)$$

$$F = 0 \text{ N}$$

$$F_2 = (128,8kg) (9,81 \text{ m/s}^2) (\text{sen } 5)$$

$$F = 110,12 \text{ N}$$

$$F_3 = (128,8kg) (9,81 \text{ m/s}^2) (\text{sen } 10)$$

$$F = 219,41 \text{ N}$$

$$F_4 = (128,8kg) (9,81 m/s^2) (\sin 15)$$

$$F = 327,03 N$$

$$F_5 = (128,8kg) (9,81 m/s^2) (\sin 20)$$

$$F = 432,15 N$$

$$F_6 = (128,8kg) (9,81 m/s^2) (\sin 25)$$

$$F = 533,99 N$$

$$F_7 = (128,8kg) (9,81 m/s^2) (\sin 30)$$

$$F = 631,76 N$$

### 3.15 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

$$Keqv = \frac{Peso}{\delta} \quad (21)$$

Dónde:

Peso: Peso sobre el go-kart (686,7 N)

$\delta$ : Distancia que bajan los neumáticos (0,4 mm)

$$Keqv = \frac{686,7 N}{0,0004 m}$$

$$Keqv = 1716750 N/m$$

El go-kart consta de 4 neumáticos y la rigidez de cada uno es:

$$K = \frac{Keqv}{\# \text{ de neumáticos}}$$



$$K = \frac{1716750 \text{ N/m}}{4}$$

$$K = 187500 \text{ N/m}$$

### 3.15.1 FRECUENCIA ANGULAR

$$W = \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (22)$$

Dónde:

K: Constante de rigidez (187500 N/m)

m: Peso sobre el go-kart (70 kg)

$$W = \sqrt{\frac{187500 \text{ N/m}}{70 \text{ kg}}}$$

$$W = 156,60 \text{ rad/s}$$

Transformación a Hertzios:

$$f = \frac{W}{2\pi} \quad (23)$$

$$f = \frac{156,60 \text{ rad/s}}{2\pi}$$

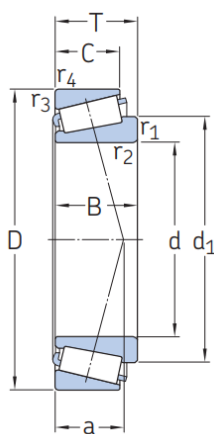
$$f = 24,92 \text{ Hz}$$

### 3.15.2 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ASIENTO GIRATORIO

En el sistema de asiento giratorio se seleccionó un rodamiento de rodillos cónicos los cuales tienen la característica de contar con rodadura en el aro interior y el exterior. El diseño de estos rodamientos tiene como objetivo principal soportar cargas combinadas, así como son las cargas axiales y las cargas radiales al mismo tiempo.

Presenta características y propiedades importantes, como la baja fricción la cual viene dada gracias a los acabados superficiales del rodamiento; por lo que la lubricación reduce el deterioro y prolonga la vida útil del mismo. El montaje es sencillo ya que se puede separar el aro exterior de los demás componentes y durante su funcionamiento la pista interior, exterior y los rodillos soportan las cargas que se apliquen. (SKF, 2019)

En nuestro proyecto se utilizó un rodamiento cónico de denominación 32208JR marca KOYO de origen japonés, el cual consta de las siguientes medidas: diámetro interior 40 mm, diámetro exterior 80 mm, espesor 24.75 mm y un peso de 0.554 Kg que se puede encontrar con la referencia A0000007806. Además, soporta revoluciones de hasta 6500 r.p.m, cargas axiales y radiales. Las especificaciones de los rodamientos vienen dadas por el fabricante y estas se pueden encontrar en catálogos para su correcta selección.



**Figura 51** Diagrama del rodamiento cónico  
(SKF, 2019)

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación	Series de dimensiones para la normativa ISO 355 (ABMA)
d	D	T	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>	Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-	-
35	62	18	52,3	54	5,85	8 500	10 000	0,23	▶ 32007 X	4CC
	72	18,25	63,2	56	6,1	8 000	9 500	0,33	▶ 30207	3DB
	72	24,25	81,2	78	8,5	8 000	9 500	0,44	▶ 32207	3DC
	72	28	104	106	11,8	7 000	9 500	0,53	▶ 33207	2DE
	80	22,75	75,4	67	7,8	6 300	8 500	0,52	▶ 31307	7FB
	80	22,75	88,9	73,5	8,3	7 500	9 000	0,51	▶ 30307	2FB
80	32,75	115	114	12,9	6 300	8 500	0,8	▶ 32307 B	5FE	
	80	32,75	117	106	12,2	6 700	9 000	0,75	▶ 32307	2FE
38	63	17	45,7	52	5,4	8 500	10 000	0,2	JL 69349/310	L 69300
	63	17	45,7	52	5,4	8 500	10 000	0,21	JL 69345/310	L 69300
	63	17	45,7	52	5,4	8 500	10 000	0,21	JL 69349 A/310	L 69300
40	63	17	45,7	52	5,4	8 500	10 000	0,21	JL 69349 X/310	L 69300
	68	19	64,7	71	7,65	7 500	9 500	0,28	▶ 32008 X	3CD
80	75	26	97,5	104	11,4	7 000	9 000	0,5	▶ 33108	2CE
	80	19,75	75,8	68	7,65	7 000	8 500	0,42	▶ 30208	3DB
80	24,75	91,6	86,5	9,8	7 000	8 500	0,53	▶ 32208	3DC	
	80	32	128	132	15	6 300	8 500	0,73	▶ 33208	2DE
	85	33	150	150	17,3	6 700	8 000	0,9	T2EE 040	2EE
90	25,25	91,1	81,5	9,5	5 600	7 500	0,72	31308	7FB	
	90	25,25	106	95	10,8	6 300	8 000	0,73	▶ 30308	2FB
90	35,25	134	140	16	5 600	7 500	1,1	32308 B	5FD	
	90	35,25	143	140	16	6 000	8 000	1,05	▶ 32308	2FD

**Figura 52** Dimensiones de los rodamientos (SKF, 2019)

### 3.16 TABLA DE COSTOS

Los costos mostrados en la Tabla 21 fueron tomados del mercado local. Los plásticos protectores y el embrague centrífugo fueron importados siguiendo la normativa legal vigente en el país.

**Tabla 20** Tabla de costos

Componente	Cantidad	Costo (Unidad)	Total
Motor estacionario	1	260	260
Asiento	1	100	100
Embrague centrífugo	1	90	90
Aros de neumáticos	4	50	200
Llantas con labrado	4	25	100
Bomba de freno	1	20	20
Disco de freno	1	15	15
Catalina	1	12	12
Caliper de freno	1	25	25
Pastillas de freno	1	10	10
Cañerías para frenos	1	10	10
Volante	1	45	45

Chumaceras	2	18	36
Eje posterior	1	40	40
Manzanas posteriores	2	25	50
Ejes delanteros	2	40	80
Brazos de dirección	2	25	50
Plásticos de protección	1	200	200
Tubos de Acero ASTM-36	3	32	96
Correas de Velcro	1	25	25
Cinturón de seguridad	1	35	35
Mandos al volante (paletas)	2	15	30
Cable de acelerador	1	5	5
Pintura de base	1	15	15
Pintura de poliuretano	1	15	15
Otros (pernos, tuercas, suelda, doblez de tubo, torno)			154
TOTAL			1718

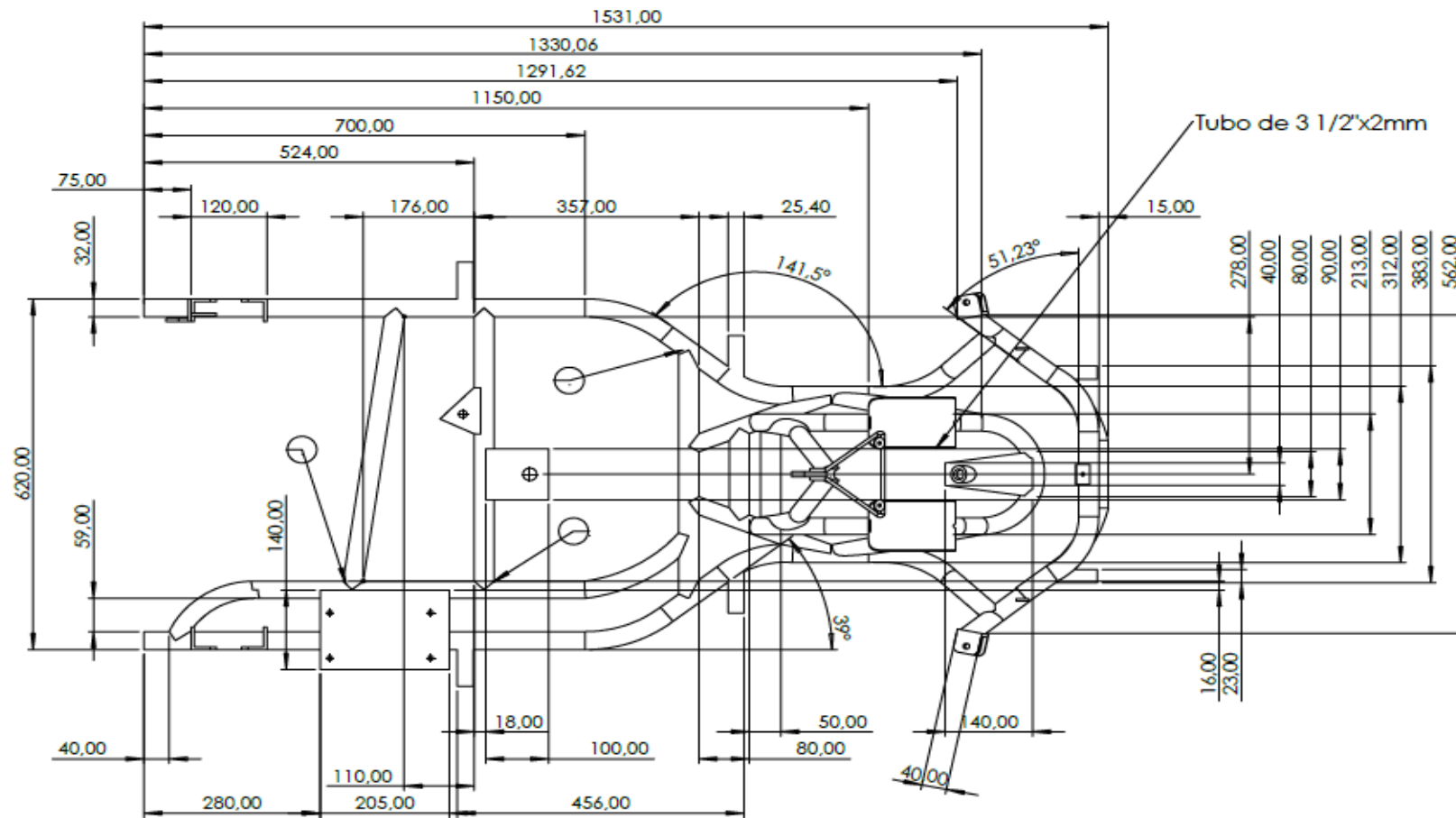
**Fuente:** Fuente Propia

### 3.17 PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

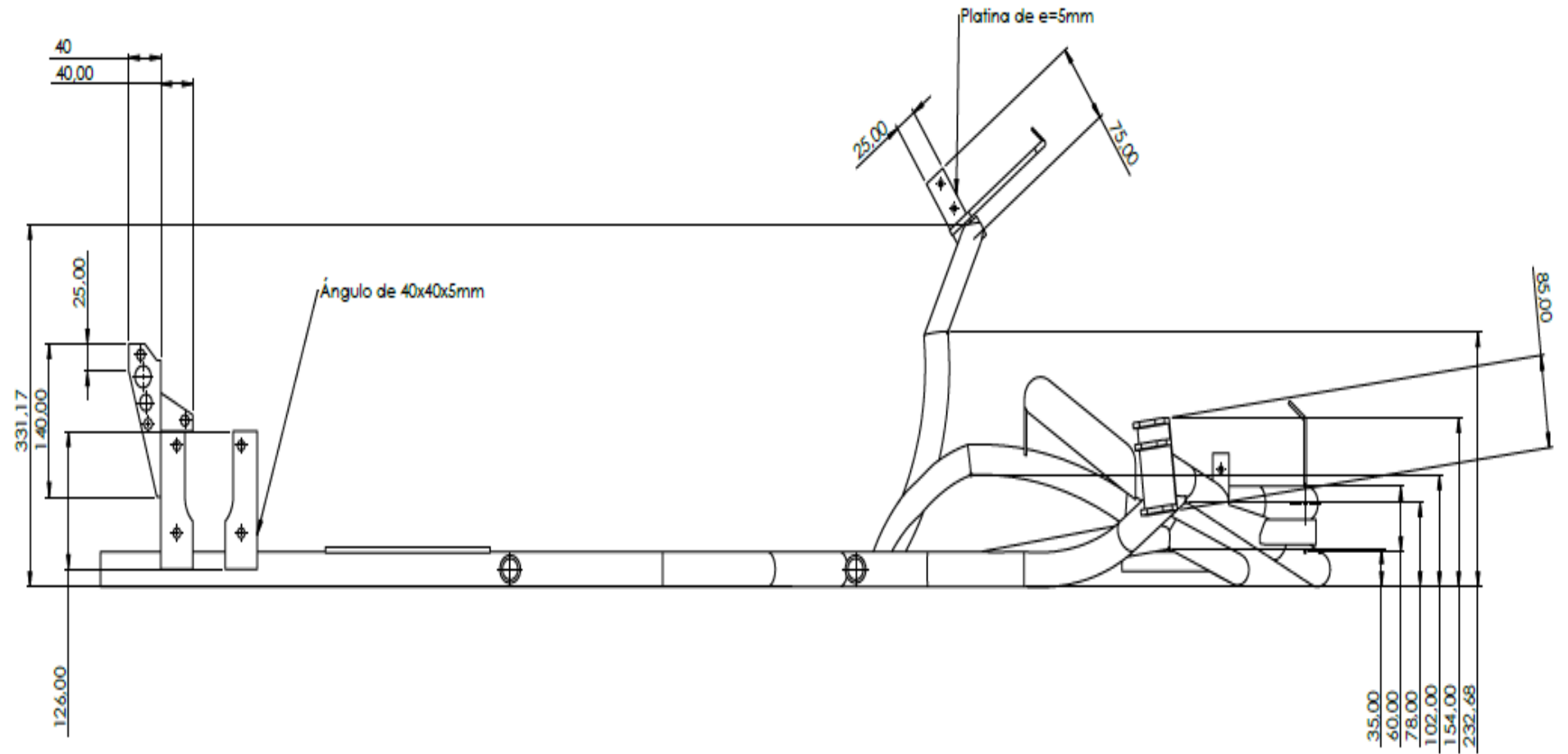
La estructura del go-kart se construye en base a los planos luego del proceso de diseño (ver Figura 51). Estos planos fueron realizados de tal forma que permitan el cumplimiento de los estándares y normativas para la construcción.

Se debe tener en cuenta las dimensiones correctas de cada componente junto con sus tolerancias para evitar problemas de ensamblaje. Una vez verificadas las medidas se ensamblan los tubos. Mediante el proceso de soldadura MIG se procede al fijado por puntos de la tubería. Esto se realiza como paso inicial para evitar la distorsión del diseño original debido a las altas temperaturas a las que se somete el material.

Partiendo de los planos con todas las cotas se identifican los tubos que van a ser doblados.



**Figura 53** Vista superior de los planos  
Fuente propia



**Figura 54** Vista lateral del plano  
Fuente propia

El proceso de doblado de los tubos para la estructura se realiza con la ayuda de una maquina dobladora hidráulica. Esta máquina permite obtener dobleces con la precisión requerida según los planos de diseño. Es necesario tener en cuenta que, por las propiedades elásticas del material, la tubería seleccionada mantiene el ángulo de dobles, por lo que es necesario hacer una comprobación mediante una repetición del proceso en la máquina hidráulica para verificar que las medidas estén correctas conforme a las establecidas en los planos. Este ángulo se estima mediante formulación técnica disponible en prontuarios de metal (MOLINA & RUBIO, 2012).



**Figura 55** Dobladora hidráulica  
Fuente Propia



**Figura 56** Dobleces de tubos  
Fuente Propia

Una vez listos los tubos se procedió a la unión de estos formando así el chasis del go-kart.



**Figura 57** Soldadura de la estructura  
Fuente Propia

Se procedió a la realización de las bases del motor, asiento, volante y apoya piernas, para distribuir de forma correcta los espacios de cada componente.



**Figura 58** Ensamblaje de las bases  
Fuente Propia



Se procede a la instalación de sistemas y elementos a la estructura del go-kart, para la distribución correcta de espacios.



**Figura 59** Distribución de los componentes  
Fuente Propia

Comprobación de diseño que esté de acuerdo con lo planificado y que sus sistemas sean funcionales.



**Figura 60** Montaje de plásticos de protección  
Fuente Propia

Limpiar los excesos de soldadura y las imperfecciones que se encuentren en la estructura, con la utilización de discos de desbaste y discos de zirconio laminado dando un mejor acabado a la estructura para continuar con el proceso de pintura.



**Figura 61** Limpieza de la estructura del go-kart  
Fuente Propia

En el proceso de pintura se realizó el pulido de la estructura con lijas número 150, 240 y 360 respectivamente para continuar con la colocación de un fondo de pintura poliuretano logrando obtener una correcta adherencia de la pintura, revestimiento duradero y protección a cambios ambientales dando un mejor acabado sin afectar el comportamiento estructural.



**Figura 62** Pintura de fondo al chasis  
Fuente Propia

Se aplicó pintura de poliuretano al chasis del go-kart, con el fin de tener un acabado estético y funcional.



**Figura 63** Proceso de pintura con poliuretano  
Fuente Propia

Se procede a ensamblar las bases de los componentes y sistemas que permiten una conducción segura.



**Figura 64** Ensamblaje del go-kart  
Fuente Propia



Se instala los elementos de seguridad y sistemas de frenado, transmisión y dirección del go-kart.



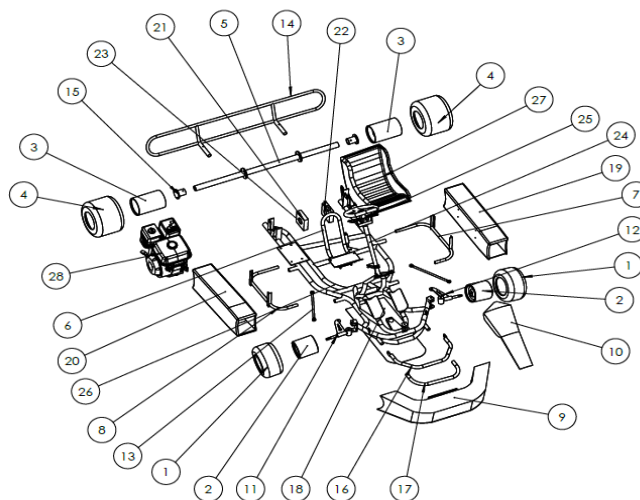
**Figura 65** Instalación de los sistemas  
Fuente Propia

Posteriormente se obtiene el go-kart ensamblado en su totalidad y listo para la puesta en marcha.



**Figura 66** Go-kart armado en su totalidad  
Fuente Propia

A continuación, en la figura 64 se muestra el despiece completo del go-kart.



**Figura 67** Despiece del go-kart  
Fuente Propia

**Tabla 21** Componentes del go-kart

No.	ELEMENTO	MATERIAL
1	Neumáticos Delanteros	Caucho
2	Aros Delanteros	Aluminio
3	Aros Posteriores	Aluminio
4	Neumáticos Posteriores	Caucho
5	Eje de Transmisión	Acero A-36
6	Base Asiento	Acero A-36
7	Base Protección Derecha	Acero A-36
8	Base Protección Izquierda	Acero A-36
9	Protección Delantera	Plástico
10	Protección Columna de Dirección	Plástico
11	Mangueta Derecha	Acero A-36
12	Mangueta Izquierda	Acero A-36
13	Brazo de Dirección	Acero y Aluminio
14	Protección Posterior	Acero A-36
15	Manzana	Acero A-36

16	Base Protección Delantera Superior	Acero A-36
17	Base Protección Delantera Inferior	Acero A-36
18	Apoya Piernas	Acero A-36
19	Protección Lateral Izquierda	Plástico
20	Protección Lateral Derecha	Plástico
21	Chumacera	Teflón
22	Rodamiento Izquierdo	Acero
23	Rodamiento Derecho	Acero
24	Volante y Columna de Dirección	Acero A-36
25	Palancas de Acelerador y Freno	Acero A-36
26	Chasis	Acero A-36
27	Asiento	Fibra de Vidrio
28	Motor	N/A

**Fuente:** Fuente Propia

### 3.18 COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Se efectuó pruebas de conducción en una avenida para determinar la velocidad, freno, estabilidad y giro del go-kart. Al finalizar las pruebas se realizó una comprobación de todos los componentes y un reajuste para determinar el correcto funcionamiento de todos los sistemas del prototipo al ponerlo en funcionamiento por un tiempo prolongado.

#### 1. PRUEBA DE ACELERACIÓN



**Figura 68** Prueba de aceleración  
Fuente propia

## 2. PRUEBA DE FRENADO



**Figura 69** Prueba de frenado  
Fuente propia

## 3. PRUEBA DE SISTEMAS DESMONTABLES



**Figura 70** Prueba de desmontaje  
Fuente propia

## CAPÍTULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- La investigación teórica permitió adquirir información acerca de las limitaciones que presentan los usuarios con discapacidad para la conducción de un go-kart. Mediante esta parte del trabajo se determinaron los requerimientos de diseño, de esta manera se establecieron los parámetros y restricciones para lograr la seguridad y comodidad del conductor parapléjico sin poner en riesgo su salud.
- El diseño de la estructura del go-kart se lo realizó mediante programas CAD con base en normativas vigentes, cumpliendo con las dimensiones establecidas por la CIK-FIA. En todo este proceso se priorizó la ergonomía y seguridad del piloto. El vehículo diseñado presenta dimensiones de batalla de 1291.62mm, un ancho de vía delantero de 562mm y un ancho de vía posterior de 620mm, lo cual permite una correcta transferencia de cargas longitudinales y transversales.
- Se analizaron 3 modelos de chasis diseñados mediante SolidWorks. Estos modelos fueron sometidos a una simulación de comportamiento estructural bajo cargas normadas. Como resultado se determinó que la estructura 3 fue la que presentó menor deformación y tensión. El factor de seguridad supera de forma significativa los alcanzados en otros diseños y los requerimientos de norma. Esto muestra que el material no sufrirá fallos bajo condiciones de conducción regular.
- Los dobleces de tubos para la fabricación de la estructura del go-kart, se realizaron utilizando una máquina dobladora hidráulica, obteniendo los ángulos requeridos por diseño, con gran precisión. Por otro lado, la unión de la estructura se realizó por soldadura MIG (Metal Inert Gas). De este modo se obtuvo un buen acabado, con las propiedades mecánicas requeridas en las uniones y con un costo manejable dentro del presupuesto del proyecto.
- El go-kart permite el desmontaje de todos los elementos para lograr un mejor mantenimiento. La unión de los componentes se realizó con pernos de las mismas dimensiones, optimizando número de herramientas necesarias para una reparación rápida y eficaz.



- Las pruebas realizadas permitieron identificar las condiciones de funcionamiento, llegando a la conclusión que el prototipo fabricado es fiable, funcional y se acopla a cualquier condición de trabajo.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Dentro del diseño mecánico automotriz se recomienda tomar en cuenta las necesidades y limitaciones de personas con capacidades especiales.
- Es importante la realización de diseño y simulación, con la ayuda de programas CAD, que no demanden demasiados recursos computacionales y que su interacción con el usuario sea de una manera amigable
- Se recomienda una lectura de planos apropiada para evitar contratiempos al momento de la construcción y ensamblaje de la estructura del go-kart.
- Es importante seleccionar correctamente el material, de tal modo que sea accesible dentro del mercado nacional y facilite los procesos de soldadura y doblado del perfil de la estructura. Así, se cumplirá con los requerimientos del diseño previamente realizado.
- En cuanto al uso del go-kart construido, se recomienda periodos cortos de entrenamiento en cuanto a curvas y frenado, con el fin de ejercitar de forma paulatina las extremidades superiores del piloto.
- Se recomienda a los estudiantes de ingeniería automotriz hacer énfasis en las diferentes normativas aplicadas a sus temas de investigación, para así validar los resultados obtenidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro, S., Rueda, R., David, G., & González, Z. (2010). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR*.
- Amparo, L., López, A., Segundo, M., Maestría, S., & Departamento, H. (2012). A *RTÍCULO ORIGINAL B iomecánica y patrones funcionales de la mano*. 4(1), 14–24.
- Andres Narváezcórdoba Juan Camilo Acevedoaguirre Juan Felipe Ávilalópez Yecid Esteban Zapataoviedo, J. (2015). *PROCESO DE ENSAMBLAJE DE UN VEHICULO GO-KART FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA TÉCNICA PROFESIONAL AUTOMOTRIZ*.
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, 4, 15–217.
- Bosch. (2016). *Discos de freno Bosch*.
- Cadena, C. (2019, May). *El karting para personas con discapacidad física*.
- Cárdenas F. (2018). *Síndrome del túnel carpiano*.
- Carrión, M. (2019). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE GO-KART PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD FÍSICA EN SUS EXTREMIDADES INFERIORES*.
- Casanova Sánchez, G. (2012). *Operación, Diseño Y Montaje De Un Sistema De Freno Para Motocicletas*. 5.
- Cedamano, R. (2005). *ANSYS*.
- Cevallos, J., & Garcés, C. (2018). *Energía Y Mecánica Monoplaza Tipo Kart Mediante Ensayos No Destructivos ”*.
- Cimbala, J. M., & Cengel, Y. a. (2001). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones*. *McGrawHill, Primera Ed*, 10–11.
- CONADIS. (2014). Normas Jurídicas en Discapacidad Ecuador. *Conadis*, 1–364.  
<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Libro-Normas-Jurídicas-en-DIscapacidad-Ecuador.pdf>

- Consejo Nacional para la igualdad de Discapacidades. (2017). *Agenda Nacional para la Igualdad de Discapacidades Plan Nacional de Discapacidades*.  
<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Agenda-Nacional-para-Discapacidades.pdf>
- Contreras, I. W. (2018). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ “DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL CHASIS PARA UN KART KF4 SEGÚN LA NORMATIVA CIK/FIA.”*
- David, F., & Pozo, O. (2010). *PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE VEHÍCULOS “GO-KART”*.
- Díaz Alarcón, C. M. (2019). Software libre y gratuito para la simulación en Ciencias e Ingeniería. *Linkedin*. [https://www.linkedin.com/pulse/software-libre-y-gratuito-para-la-simulación-en-e-díaz-alarcón-?trk=public\\_profile\\_article\\_view](https://www.linkedin.com/pulse/software-libre-y-gratuito-para-la-simulación-en-e-díaz-alarcón-?trk=public_profile_article_view)
- Dols, J. (2004). La Seguridad Vial y las Personas de Movilidad Reducida. *Undefined*.
- Escobar Quintero, J. H., & Andrés, Q. G. R. (2014). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title.  
*Universidad Industrial de Santander*.
- Fausto, J. (2019). Diseño del proceso de manufactura del bastidor de un vehículo de competición GO-KART aplicando técnicas de optimización (Tesis Magistral). In 2021.
- Flores, E., & Gamboa, M. (2014). *Diseño Y Construcción De Un Kart Eléctrico Utilizando Materiales Mixtos Para El Laboratorio*.
- Francisco, A., & Rivera, S. (2018). *Automotriz Elaboración de un plan de mantenimiento para un vehículo tipo Go-kart Marca CRG motor Yamaha 100cc*.
- García León, R. A., Echavez Díaz, R. D., & Flórez Solano, E. (2018). Análisis termodinámico de un disco de freno automotriz con pilares de ventilación tipo NACA 66-209. *Inge Cuc, 14(2)*, 9–18.  
<https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.2.2018.01>
- García Melo, J. I. (2004). *Fundamentos del diseño mecánico* (Primera Edición).

Programa Editorial Universidad del Valle.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2RqUgt9YISEC&oi=fnd&pg=PA7&dq=diseño+mecanico+que+es&ots=bzOA\\_ktKGE&sig=6FFox2sn2it9XTIAJO WPXO-SVIM#v=onepage&q=diseño mecanoico que es&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2RqUgt9YISEC&oi=fnd&pg=PA7&dq=diseño+mecanico+que+es&ots=bzOA_ktKGE&sig=6FFox2sn2it9XTIAJO WPXO-SVIM#v=onepage&q=diseño mecanoico que es&f=false)

“Go-karts”: *el origen de los sueños de Webber y de otros pilotos de F1*. (2012).

GOKART GUIDE. (2017). *La tabla definitiva del tamaño de los neumáticos Go-Kart - Blog de Karting para novatos*.

González Aníbal, & Cáceres Christian. (2014). *Universidad del Azuay Facultad de Ciencia y Tecnología Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz*.

GONZÁLEZ VILLACRESES, D. A. (2010). *ESTUDIO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE DE UN GO-KART DE CIRCUITO CERRADO Y LA FACTIBILIDAD DE REALIZAR EL INTERCAMBIO DE PARTES EN SU ESTRUCTURA FIBRAL*. 21.

Gupta, S. P., Das, S., Kumar, A., Raju, B. R., Singh, C., & Yadav, N. (2019). Transmission in Go-Kart. *Invertis Journal of Science & Technology*, 12(2), 47. <https://doi.org/10.5958/2454-762x.2019.00010.6>

Hidalgo Martínez, Á. (2017). La rehabilitación terapéutica a pacientes parapléjicos: impacto desde las tecnologías. *PODIUM - Revista de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*, 12(1), 21–30.

*Historia del Karting*. (2008).

Hospital Nacional de Parapléjicos. (2013). *Lesión medular espinal*. <https://hnparaplejicos.sanidad.castillalamancha.es/es/pacientes/lesion-medular/preguntas-mas-frecuentes/historia>

Idrovo Andrés. (2020). *UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ*.

Infounsa. (2022). *Solidworks Básico - Infounsa*. <http://info.unsa.edu.pe/solidworks-basico/>

*Karting Virteam Blog: Historia del karting*. (2013).

Lázaro, M., Lázaro, P., Losantos, B., & Plaza Bayo, A. (2008). Nuevas tablas de fuerza

- de la mano para población adulta de Teruel. *Nutricion Hospitalaria*, 23(1), 35–40.
- LEY ORGANICA DE DISCAPACIDADES. (2017). REGLAMENTO A LA LEY ORGANICA DE DISCAPACIDADES. In *Registro Oficial Suplemento* (Vol. 109). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Loayza, B. (2015). *Reconstrucción de un karting*.
- López Almejo, L. (2014). Síndrome del túnel del carpo. *Dolor*, 10(1), 34. [https://doi.org/10.1016/s0211-5638\(04\)73099-0](https://doi.org/10.1016/s0211-5638(04)73099-0)
- Martínez, H. G. (2004). *Manual del automovil : reparación y mantenimiento* (Ed. 2004.). Cultural.
- Medina, P., & Andrés, E. (2016). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SUSPENSIÓN Y FRENOS PARA UN PROTOTIPO DE GO KART CON BASE AL REGLAMENTO DE LA FIA TRABAJO PREV.*
- Miguel, E., & Andrade, A. (n.d.). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN Materia Integradora Previo la obtención del Título de: INGENIERO MECÁNICO.*
- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR. (2015). REGISTRO NACIONAL DE DISCAPACIDADES MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA DEL ECUADOR. *Registro Nacional de Discapacidades MSP*, 14.
- MOLINA, E., & RUBIO, A. (2012). *ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA DOBLADORA DE TUBO PARA EL CENTRO DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI POSTULANTES: (Issue Kolisch 1996).*
- Moreno Carlos, & Vivanco Darko. (2011). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE.*
- Muñiz Fontán, M., Martínón Torres, N., & Rodríguez Núñez, A. (2010, January). ¿Son seguros los karts? *Anales de Pediatría*, 72(1), 91–92.

<https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2009.09.006>

Narváez, L. A. (2012). *Diseño Y Construcción De Un Vehículo Go-Kart De Estructura Tubular Mediante El Empleo De Un Programa De Análisis Por Elementos Finitos*. 150.

NTE INEN 1323. (2009). *Vehículos Automotores. Carrocerías De Buses. Requisitos*. 6–8. <http://www.tungurahua.gob.ec/carrocero/wp-content/uploads/2016/09/NTE-1323.pdf>

Ochoa, D. (2014). *Diseño de un vehículo tipo kart*. 38.

Ortner, M. (1999). *Software de simulación*.

<https://www.capterra.es/directory/30607/simulation/software>

PEYDRO DE MOYA, M., Rubio Hervás, M., Bermejo Bosch, I., Garrido Jaen, J., Baydal Bertomeu, J., Matey González, F., CORTES FABREGAT, A., & Ballester Fernandez, A. (2012). ¿Cómo se miden la fuerza y la fatiga de la mano? *Revista de Biomecánica*, 56, 49–51.

Ramírez, F. R. (2015). *Modelización de la Evolución del Desgaste de Herramientas de Corte*. 155.

Reyes, L. (2015, May). *Artritis - Síntomas y causas - Mayo Clinic*.

Román, A., & Gonzalo, A. (2020). *INGENIERÍA AUTOMOTRIZ “RECONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO TIPO GO-KART KODI KART 2012 CHASIS MOTOR YAMAHA 100 cc.”*

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. 84. [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

*Síndrome del túnel carpiano: MedlinePlus enciclopedia médica*. (n.d.).

Singh, J. A., Saag, K. G., Bridges, S. L., Akl, E. A., Bannuru, R. R., Sullivan, M. C., Vaysbrot, E., McNaughton, C., Osani, M., Shmerling, R. H., Curtis, J. R., Furst, D. E., Parks, D., Kavanaugh, A., O’Dell, J., King, C., Leong, A., Matteson, E. L., Schousboe, J. T., ... McAlindon, T. (2016). 2015 American College of Rheumatology Guideline for the Treatment of Rheumatoid Arthritis. *Arthritis and*

*Rheumatology*, 68(1), 1–26. <https://doi.org/10.1002/art.39480>

SKF. (2019). Rodamientos rígidos de bolas. In *Rodamientos*.

Spagnolo, F., Sestak, I., Howell, A., Forbes, J. F., & Cuzick, J. (2016). Anastrozole-induced carpal tunnel syndrome: Results from the international breast cancer intervention study II prevention trial. *Journal of Clinical Oncology*, 34(2), 139–143. <https://doi.org/10.1200/JCO.2015.63.4972>

Suárez, K., Rodríguez, A., & Solorza, O. (2007, December). *Diseño y construcción de un go-kart/ batería recargable*.

Torres, S., Xavier, E., Guajala, T., & Eduardo, D. (2013). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN KART SEGÚN LAS NORMAS CIK/FIA” Previa a la obtención del Título de: INGENIERO AUTOMOTRIZ*.

Vaquero, C. J. (2014). *Paraplejia traumática a nivel dorsal* (Vol. 25, Issue 3).

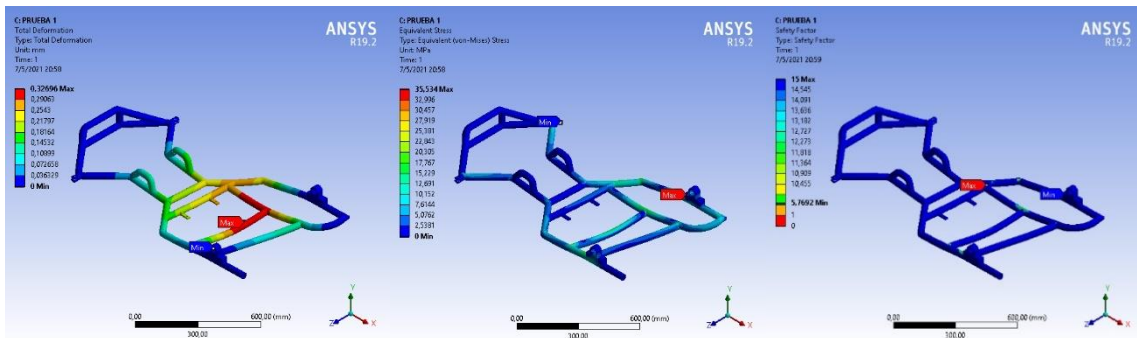
Vélez Tobar, P. G. (2016). *Implementación de un sistema de frenado ABS en una motocicleta Honda Invicta CBF150M*.

<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5576>

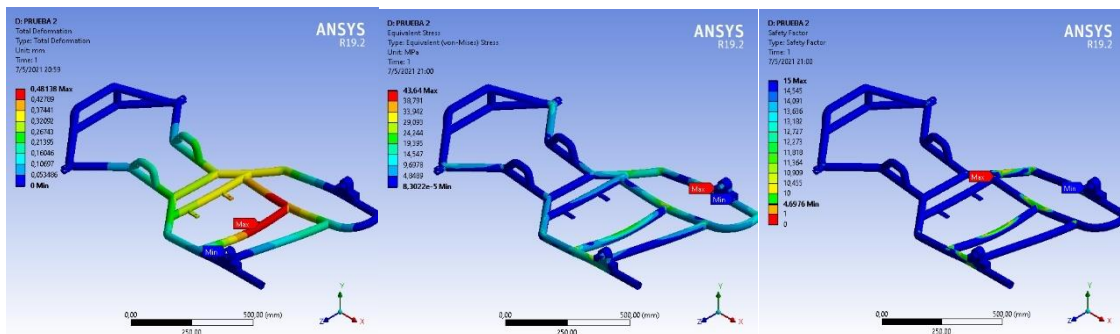
Zenteno, A., & Villalta, E. (2016). *DISEÑO DE INDUMENTARIA PARA DEPORTISTAS CON PARAPLEJIA EN LAS DISCIPLINAS DE A TENIS Y ATLETISMO*. 14.

# ANEXOS SIMULACIÓN MODELO 1

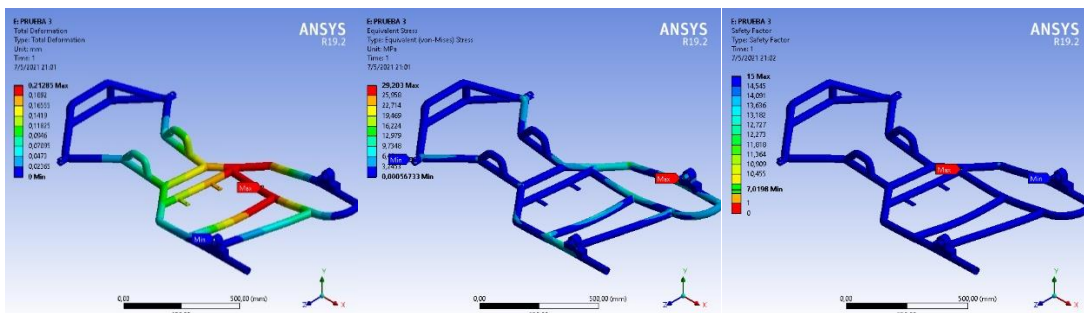
## Prueba 1



## Prueba 2

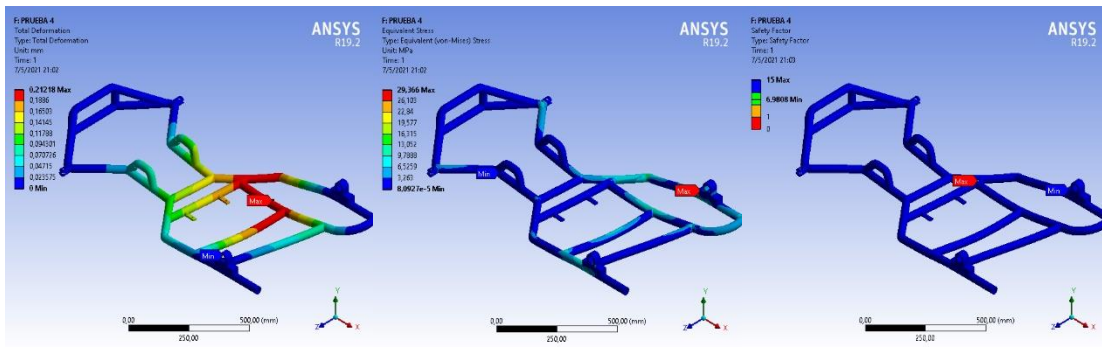


## Prueba 3

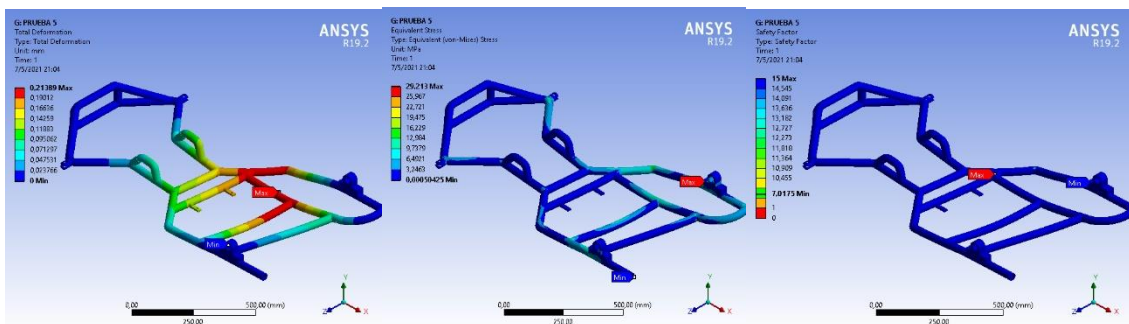




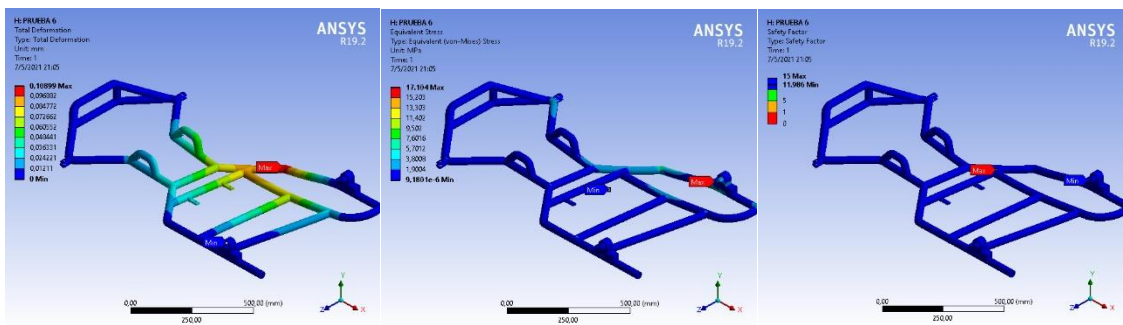
### Prueba 4



### Prueba 5

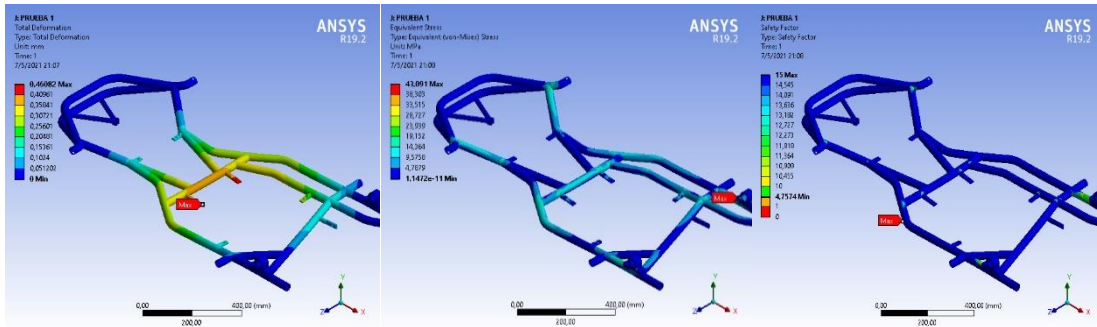


### Prueba 6

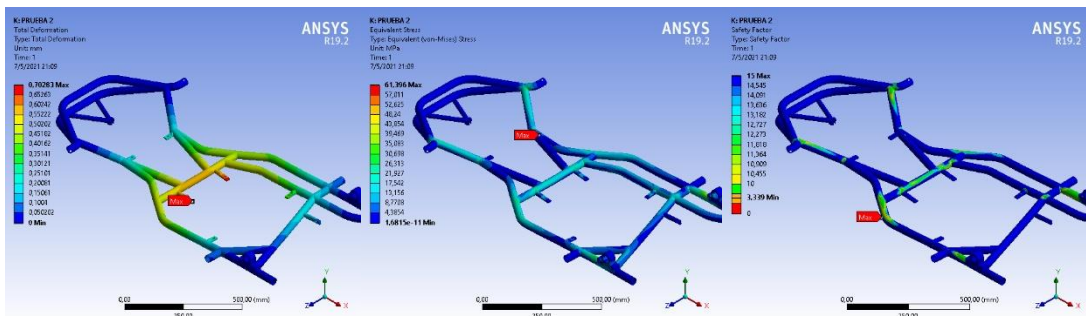


## SIMULACIÓN MODELO 2

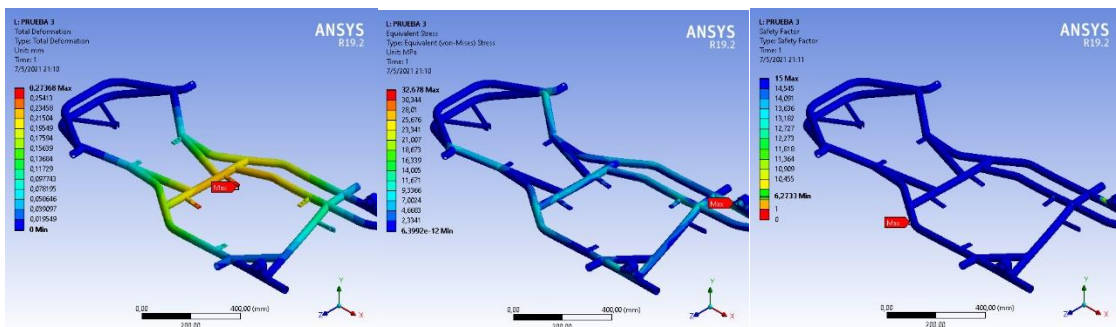
### Prueba 1



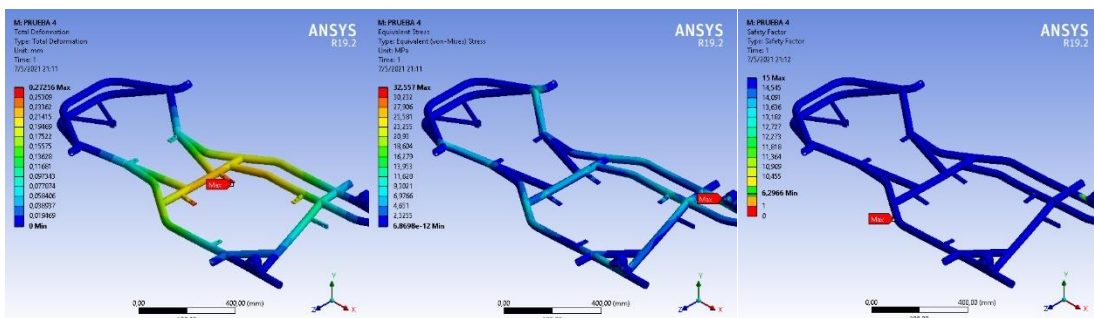
### Prueba 2



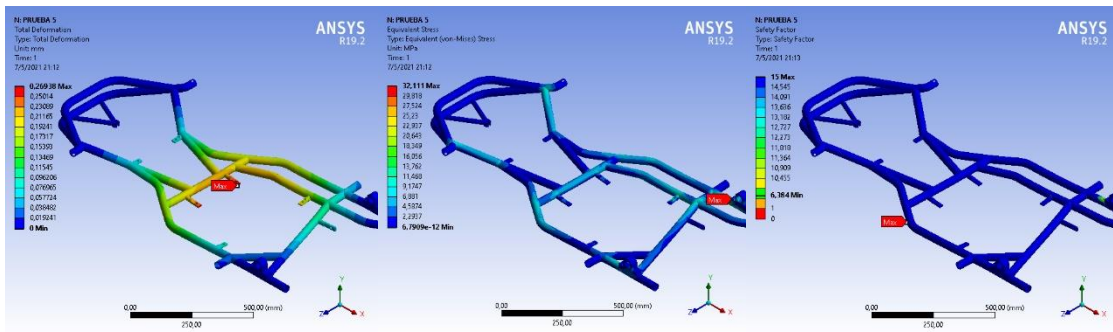
### Prueba 3



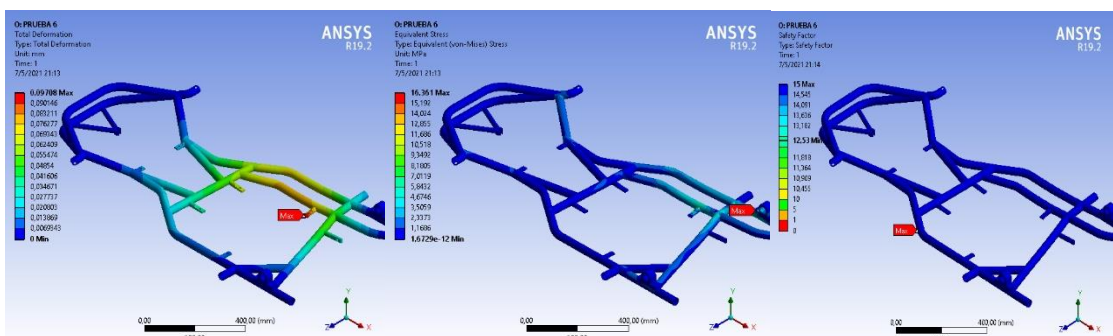
### Prueba 4



### Prueba 5

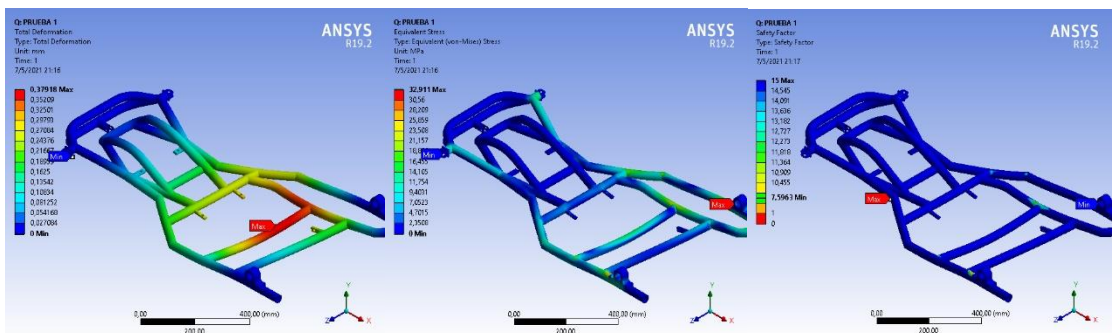


### Prueba 6



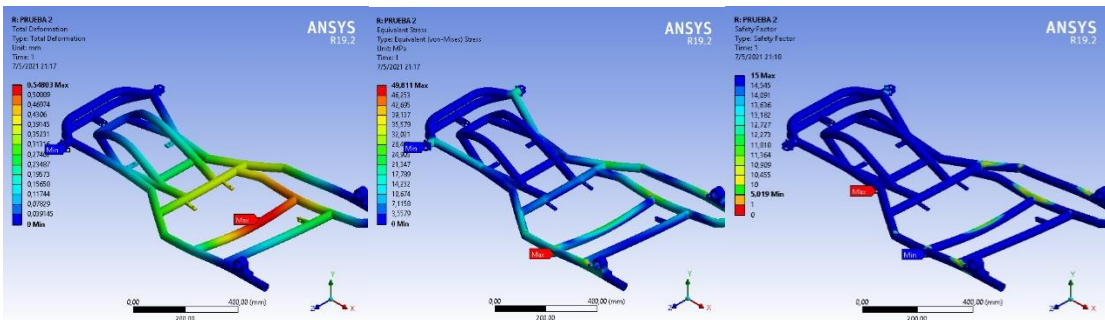
## SIMULACIÓN MODELO 3

### Prueba 1

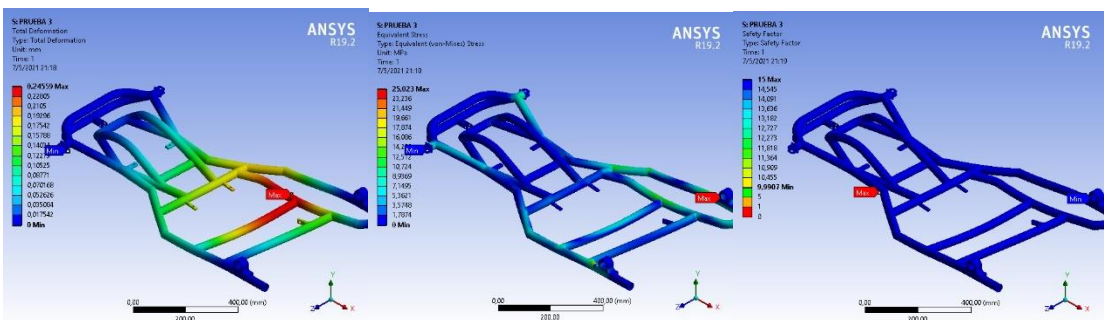




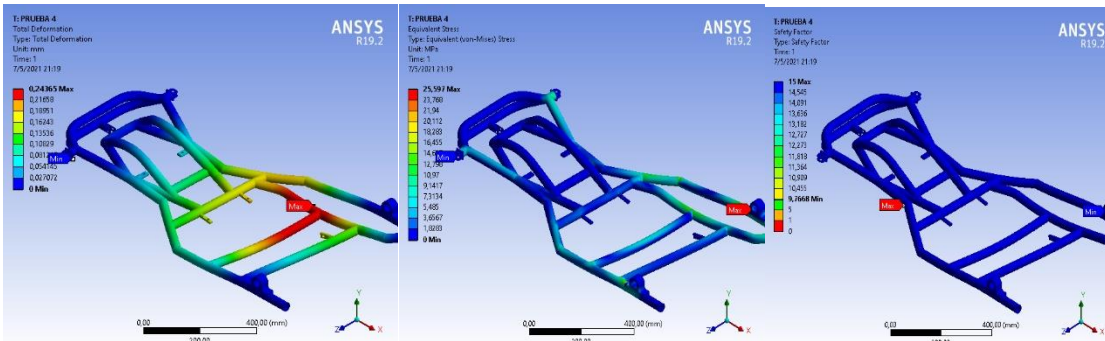
### Prueba 2



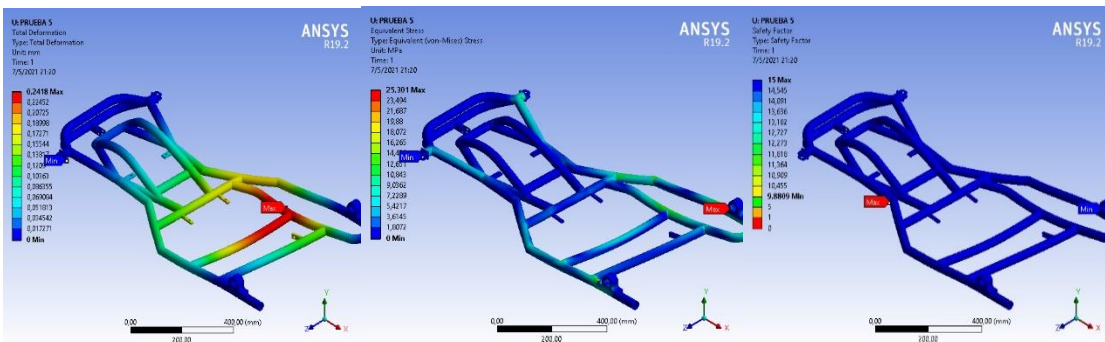
### Prueba 3



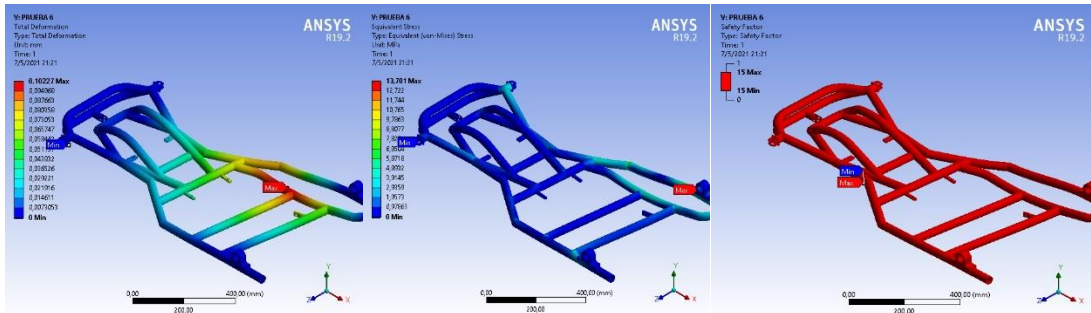
### Prueba 4



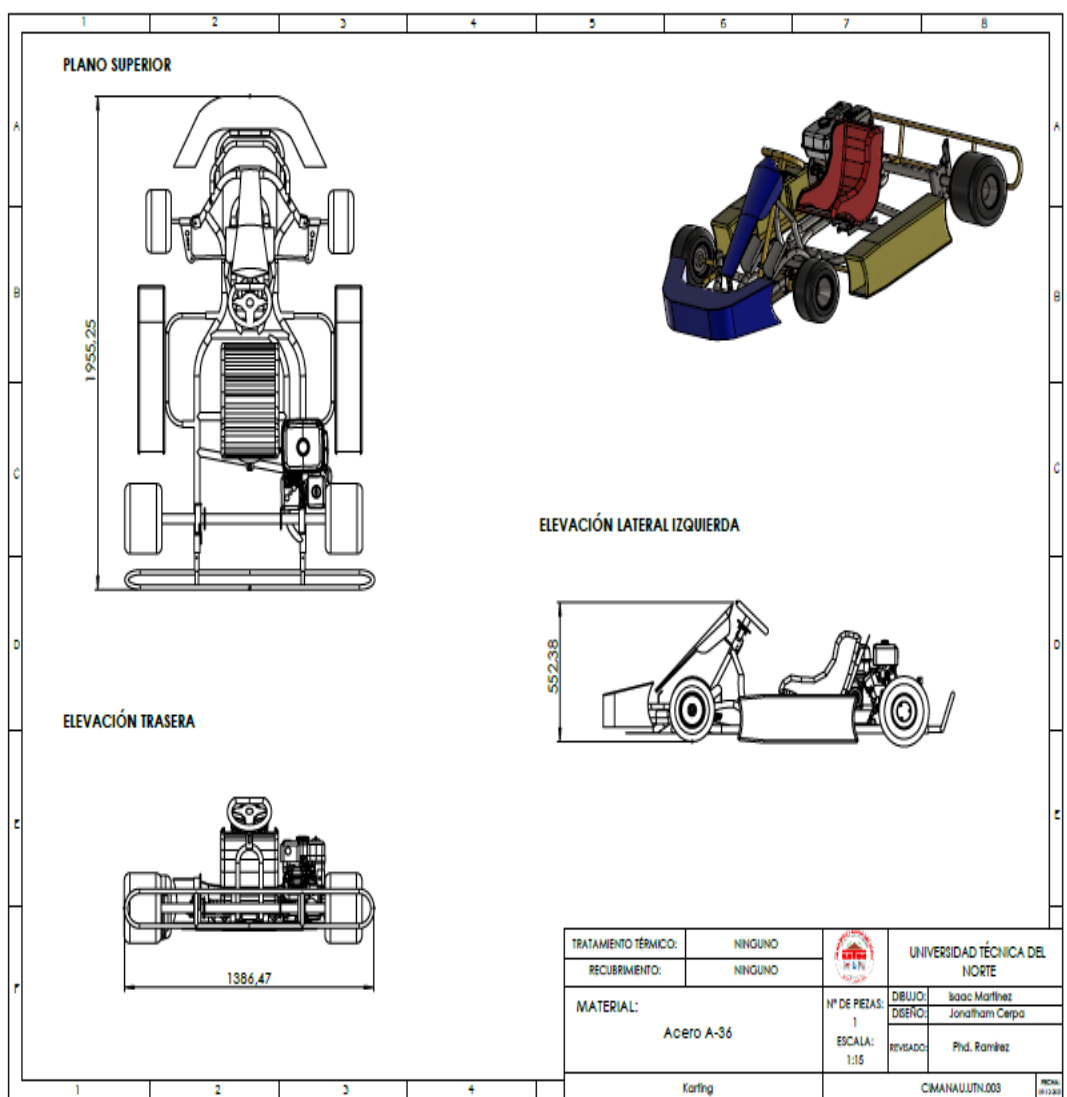
### Prueba 5



### Prueba 6



### Vistas del go-kart



### Despiece del go-kart

No.	ELEMENTO	MATERIAL
1	Neumáticos Delanteros	Caucho
2	Arco Delantero	Aluminio
3	Arco Posterior	Aluminio
4	Neumáticos Posteriores	Caucho
5	Eje de Transmisión	Acero A-36
6	Base Asiento	Acero A-36
7	Base Protección Derecha	Acero A-36
8	Base Protección Izquierda	Acero A-36
9	Protección Delantero	Plástico
10	Protección Columna de Dirección	Plástico
11	Mangueta Derecha	Acero A-36
12	Mangueta Izquierda	Acero A-36
13	Brace de Dirección	Acero y Aluminio
14	Protección Posterior	Acero A-36
15	Motorazo	Acero A-36
16	Base Protección Delantero Superior	Acero A-36
17	Base Protección Delantero Inferior	Acero A-36
18	Apoyo Pielas	Acero A-36
19	Protección Lateral Izquierda	Plástico
20	Protección Lateral Derecha	Plástico
21	Chumacera	Teñón
22	Rodamiento Izquierdo	Acero
23	Rodamiento Derecho	Acero
24	Volante y Columna de Dirección	Acero A-36
25	Palanca de Acelerador y Freno	Acero A-36
26	Chasis	Acero A-36
27	Asiento	Fibra de Vidrio
28	Motor	N/A

TREATAMIENTO TÉRMICO:	NINGUNO		UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
RECURSIVO:	NINGUNO		
MATERIAL:	Acero A-36	Nº DE PIEZAS: 1	DISEÑO: Isaac Martínez DIBUJO: Jonathan Cepa BOCAJ: Inés Phd. Ramírez
	Isang		CINAHALLUZUG